

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy – 342

**Posouzení vlivu akčních členů na emisní hodnoty zážehových
motorů**

Impact Assessment of Actuators on Emissions of Gasoline Engines

Student: Lukáš Zindler

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Richtář

Akademický rok: 2012/2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Zindler**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R003 Dopravní technika a technologie**
Téma: **Posouzení vlivu akčních členů na emisní hodnoty zážehových motorů**
Impact Assessment of Actuators on Emissions of Gasoline Engines

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Zážehový motor - hl. části, princip, druhy, řízení motorů
3. Paliva zážehových motorů, emisní hodnoty
4. Popis měřeného vozidla - motormanagement, akční členy, regulace
5. Metodika měření
6. Vyhodnocení výsledků
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R.: Vozidla silniční dopravy I. Bratislava: ALFA Bratislava. 1990. ISBN 80-05-00392-7
Matějka, R.: Vozidla silniční dopravy II. Bratislava: ALFA Bratislava. 1990. ISBN 80-7100-074-4
Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk. 2001
Vlk, F.: Motorová vozidla I, Brno: VUT Brno. 1989. ISBN 80-214-0038-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Richtář**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě20.5.2013.....


.....*Lindler*.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на ве́домі, же Выска́я школа́ ба́ньска́я - Техни́ческая универзи́та Остра́ва (да́ле же́н ВШБ-ТУО) ма́я пра́во нево́дде́лече́не́ к сво́е́й вну́трян́ей потре́бе́ бакала́рскую ра́боту́ у́жи́т (§35 одст. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано́, же́ с ВШБ - ТУО, в слу́чае́ за́йма́ з же́й стра́ны, уза́вре́ лицен́ци́ с мо́у пра́внени́м у́жи́т ді́ло в ро́зсahu §12 одст. 4 ау́торско́го за́кона.
- bylo sjednáno, že užit své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же́ о́де́взда́ні́ем сво́е́й ра́боты́ со́уґла́сі́м се́ зве́ґе́ґне́ні́ю сво́е́й ра́боты́ по́дле́ за́кона́ ч. 111/1998 Сб., о́ ве́ґе́ґны́х шко́лах а́ о́ зме́не́ а́ до́плне́ні́ да́лші́х за́ко́ну (за́кон о́ во́со́кы́х шко́лах), ве́ зне́ні́ по́здє́ґші́х пре́дпі́су, бе́з оґле́ду на́ во́сле́де́к же́й оґґа́ґо́ґы.

V Ostravě 20.5.2013.....


.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš Zindler

Adresa trvalého pobytu autora práce :

Pustějov 39, 742 43

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZINDLER LUKÁŠ. Posouzení vlivu akčních členů na emisní hodnoty zážehových motorů: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2013, 50 s. Vedoucí práce: Ing. Richtář Michal.

Hlavním úkolem této bakalářské práce je posoudit jaký vliv mají akční členy na emisní hodnoty zážehového motoru. Měření probíhalo dle zákona 56/2001 Sb. a vyhlášky 302/2001 Sb. Ministerstva dopravy a spojů ČR. K měření bylo použito zařízení pro analýzu výfukových plynů BEA 850. V úvodní části se věnuji popsáním části samotného zážehového motoru. Ve druhé pak stručným popsáním paliv zážehových motorů. Ve třetí části se zaměřuji na samotné vozidlo, které bylo použito k měření. Čtvrtou částí je metodika měření, ve které je samotný postup měření, ale i závady při kterých bylo měření prováděno. Poslední částí je vyhodnocení měření a následné zhodnocení.

ANNOTATION OF THESIS

ZINDLER LUKÁŠ. Impact Assessment of Actuators on Emissions of Gasoline Engines. Ostrava: Department Institute of traffic, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2013, 50 p. Thesis head: Ing. Michal Richtář.

The main goal of this work is to assess the effect of the actuators on the emission of gasoline engine. Measurements were carried out according to the law 56/2001 Coll. and Decree 302/2001 Coll. Ministry of Transport and Communications. The measuring device was used for the analysis of exhaust gases BEA 850. The first part is devoted to describing the actual petrol engine. In the second, then briefly describing fuel gasoline engines. The third part focuses on the vehicle itself, which was used for measurement. The fourth part is a measurement methodology in which the measurement procedure itself, but also faults during which the measurement was performed. The last part is the evaluation of the measurement and subsequent evaluation.

Obsah

Seznam použitého značení.....	1
Úvod	2
1. Zážehový motor.....	3
1.1. Hlavní části	4
1.1.1. Pevné části motoru	4
1.1.2. Pohyblivé části motoru	6
1.2 Druhy zážehových motorů.....	11
1.2.1 Čtyřdobý spalovací motor	11
1.2.2 Dvoudobý zážehový motor	13
1.2.3 Rotační (Wankelův) spalovací motor	14
1.3 Systémy řízení motoru.....	14
1.3.1 Karburátory	14
1.3.2 Vstřikování paliva	16
1.3.3 Výfukový systém	18
2 Paliva zážehových motorů	19
2.1 Emisní hodnoty zážehových motorů	20
3 Popis měřeného vozidla	22
3.1 Motormanagement.....	23
3.2 Akční členy.....	26
3.3 Regulace	32
4 Metodika měření	33
4.1 Legislativa	33
4.2 Měřicí zařízení	35
4.3 Postup měření	36
4.4 Závady	37
5 Vyhodnocení výsledků.....	40
6 Závěr.....	48
Použitá literatura.....	49

Seznam použitého značení

ČSN - Česká státní norma

CO – Oxid uhelnatý [%obj.]

HC – Nespálené uhlovodíky [ppm]

ppm - Parts per milion (částic z milionu)

λ – součinitel přebytku vzduchu [-]

Úvod

Díky vzrůstajícím exhalacím v hustě obydlených oblastech a nově zaváděným ekologickým daním jsou emise výfukových plynů pozorně sledovanou veličinou. Emise jsou látky, které znečišťují ovzduší. Tyto škodlivé látky produkují spalovací motory a jsou obsaženy ve výfukových plynech. Obsah těchto škodlivin je závislý na součiniteli přebytku vzduchu λ . Dnes již většina výrobců automaticky udává hodnotu CO_2 v technických datech ke každému vozu. Oxid uhličitý ale není jedinou složkou výfukových plynů, mezi další, nejdůležitější patří také CO a HC.

Hlavním úkolem této práce je posoudit, jaký vliv mají akční členy na emisní hodnoty zážehových motorů. V průběhu měření budou poruchy buďto nasimulovány nebo měřeny při skutečné poruše. Cílem práce bude vyhodnocení emisních hodnot výfukových plynů a z nich určit o jakou závadu se jedná. Měření bude probíhat dle zákona 56/2001 Sb. a vyhlášky 302/2001 Sb. Ministerstva dopravy a spojů ČR. Měření se bude provádět na přístroji pro analýzu výfukových plynů BEA 850. Aby nedošlo k chybám v měření, bude se měření opakovat. Práce by měla posloužit jako předloha pro zjišťování závad konkrétního typu vstřikování podle naměřených hodnot výfukových plynů.

1. Zážehový motor

Zážehový motor je spalovací motor, u kterého je směs paliva a vzduchu ve válci zapálena (zažehnuta) elektrickou jiskrou, kterou obvykle vytvoří zapalovací svíčka. Toto je hlavní odlišnost od vznětových motorů, u kterého se palivo vznítí samovolně za působením vysoké teploty a tlaku. Jejich kompresní poměry jsou nižší, nejvyšší výkon a točivý moment leží ve vyšších otáčkách, chod je pravidelný a tichý. Na rozdíl od vznětových motoru má ale nižší účinnost.

Zdroj [7]

Rozdělení:

S postupem času se zrodilo mnoho různých druhů pístových spalovacích motorů. Rozdělení těchto motorů udává norma ČSN 09 0022 a ČSN 30 0025. Většinou je ale dělíme podle těchto hlavních hledisek:

- druh paliva
- způsob tvoření hořlavé směsi
- způsob výměny náplně válců
- průběh spalování
- konstrukční provedení
- účel a použití motoru.
- další dělení:
 - Po sloučení několika hlavních hledisek (druh paliva, tvoření směsi, zapalování, průběh spalování) se motory rozdělují do dvou hlavních skupin:
 - zážehové motory
 - vznětové motory
 - Další dvě hlavní skupiny rozdělení jsou upraveny podle výměny náplně ve válci, jsou to motory:
 - dvoudobé
 - čtyřdobé

Zdroj [6]

1.1. Hlavní části

Čtyřdobý zážehový motor se skládá ze základních konstrukčních skupin: pevné části, pohyblivé části, palivový systém a příslušenství motoru.

1.1.1. Pevné části motoru

➤ Víka motoru

Víka jsou kryty sloužící k utěsnění a k zabránění vnikání nečistot do části motoru. Obvykle jsou vyráběná z hliníkových slitin, plechů a plastů.

➤ Hlava válců

Účel:

- uzavírat pracovní prostor ve válci
- spolu s válcem a pístem vytvářet spalovací prostor
- rychle odvádět teplo do chlazení motoru

Hlava válců tvoří horní víko pracovního prostoru ve válci. V hlavě válců jsou umístěny části ventilového rozvodu motoru a zapalovací svíčka. Někdy taky obsahuje hlavní části spalovacího prostoru. Hlava válců musí být odolná vůči vysokým tlakům a teplotám při spalování. Musí být tedy zajištěno dobré chlazení.



Obr. 1 Hlava válců [8]

➤ **Blok motoru**

Obsahuje válce a také kanály pro chladicí médium a pro motorový olej. Ve spodním dílu bloku jsou uloženy ložiska klikového hřídele. U motorů OHV je v bloku motoru kromě toho uložen ještě vačkový hřídel. Blok motoru je vyroben z litiny nebo z lehkých slitin hliníku.



Obr. 2 Blok motoru [9]

➤ **Těsnění hlavy válců**

Účel :

- utěsnit spalovací prostor
- oddělit olejový kanál od kanálu chladicí kapaliny

Těsnění hlavy válců přichází neustále do styku s výfukovými plyny, palivem, chladicí kapalinou a motorovým olejem. Těsnění musí být odolné vůči vysokým teplotám, tlakům a chemickému namáhání během provozu i za klidu motoru po dlouhou dobu.

➤ **Válce**

Účel:

- zachycovat tlaky, které vznikají během pracovního oběhu
- spolu s hlavou válců a pístem spoluvytvářet spalovací prostor
- rychle odvést teplo do chlazení motoru
- vést píst během pracovního oběhu

Požadavky:

- dostatečná pevnost při co největší těsnosti
- odolnost proti tepelnému namáhání
- odolnost proti korozi zplodinami hoření
- dobré třecí vlastnosti a schopnost vytvoření olejové vrstvy

Válce chlazené kapalinou jsou obvykle vytvořeny v jednu bloku. V bloku válců jsou vytvořeny kanály, které umožňují oběh chladicí kapaliny.

Válce chlazené vzduchem jsou opatřeny chladicími žebry, která zvětšují plochu pro odvod tepla z válce. U litinových válců mohou být žebra přímo odlita do skořepinových forem. Téměř výhradně se používají samostatné válce, které jsou přišroubovány ke klikové skříni. Převážně jsou válce odlity z legované hliníkové slitiny.

➤ **Kliková skříň**

Účel:

- Nést ložiska pro uložení klikové hřídele, u motoru s rozvodem OHV nést i ložiska pro uložení váčkové hřídele.

Kliková skříň je většinou rozdělena v místě kde je uložena kliková hřídel. Horní díl obsahuje tělesa hlavních ložisek klikové hřídele nebo také ložiska pro vačkovou hřídel. Víka hlavních ložisek jsou upevněna šrouby, nebo svorníky. Kliková skříň se vyrábí z litiny nebo slitin hliníku.

Mokrý kliková skříň – spodní část skříně tvoří zároveň olejovou vanu.

Suchá kliková skříň – spodní víko je rovné a olejová vana je jinde.

1.1.2. Pohyblivé části motoru

Jsou části motoru, které vykonávají pohyb a dělí se na části klikového mechanismu a části rozvodového mechanismu. Mezi ně patří klikový hřídel, písty, ojnice, kola rozvodu a setrvačnick.

KLIKOVÝ MECHANISMUS

Klikový mechanismus zajišťuje převod posuvného pohybu na rotační a naopak. Hlavními členy klikového mechanismu jsou:

➤ **Písty**

Píst je nejvíce mechanicky a tepelně namáhaná část motoru. Písty se podobně jako válce třídí do 3-5 tolerančních skupin označených písmeny A-E. Odstupňování je po 0,01 mm u menších motoru a 0,02 mm u větších motorů. Písty se vyrábí především ze slitiny hliníku a křemíku.

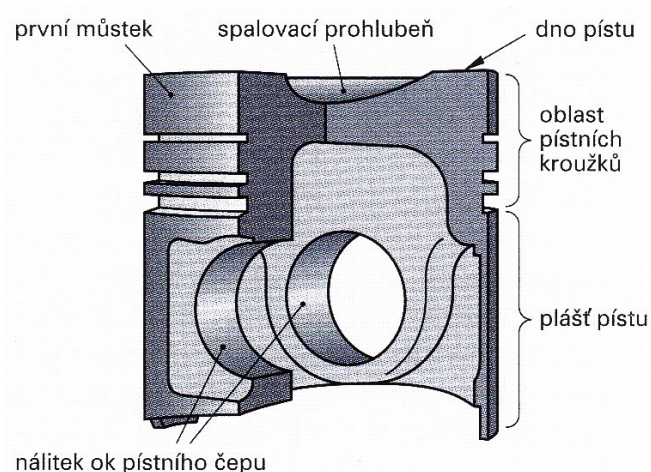
Účel:

- Zachytit tlak plynů vznikající při hoření, převést jeho sílu na ojnici a na klikový hřídel.

- Utěsnit spalovací prostor proti prostoru klikové skříně.
- Odvést co nejrychleji teplo ze dna pístu do stěn válce.

Požadavky:

- Nízká měrná hmotnost
- Vysoká pevnost i za vyšších teplot
- Dobrá tepelná vodivost
- Odolnost proti tření



Obr. 3 Řez pístu [1]

➤ Pístní kroužky

Pístní kroužky jsou pružné kroužky, které jsou v jednom místě rozříznuté. Místo rozříznutí se nazývá zámek. Vůle v zámku ovlivňuje spotřebu oleje a utěsnění spalovacích prostor a je po vložení kroužku do válce velmi malá (0,05mm až 0,30mm). Dnes jsou používány jeden stírací a dva těsnící kroužky. Vyrábí se z obvyklé nebo zušlechtěné litiny obráběním nebo jednotlivý odléváním. Některé velmi namáhané kroužky se vyrábějí z tvárné litiny nebo vysoce legované oceli.

Účel:

- Utěšňuje spalovací prostor
- Vymezuje vůle a vystředění pístu ve válci

Těsnící pístní kroužky - tyto kroužky utěšňují píst ve válci a odvádějí největší část tepla z pístu do stěn válce.

Polostírací pístní kroužky - kromě utěsnění dostatečně stírají mazací olej ze stěny válce.

Stírací pístní kroužky - Účelem těchto kroužků je stírat přebytečný olej ze stěny válce a zabránit tak jeho pronikání do spalovacího prostoru. Jsou vždy větší než kroužky těsnící.



Obr. 4 Těsnící pístní kroužky [4]



Obr. 5 Stírací pístní kroužky [4]

➤ Pístní čep

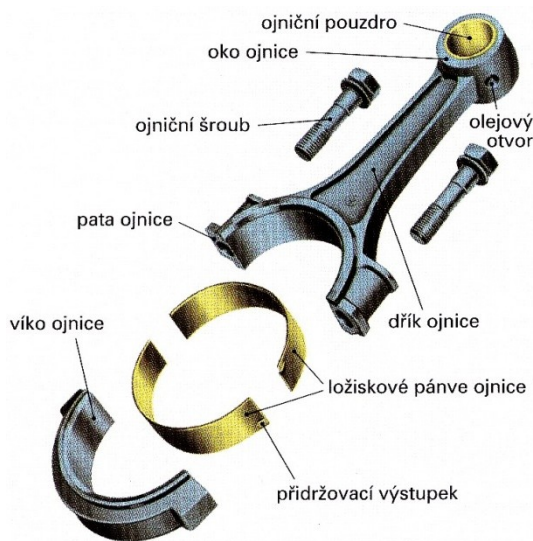
Pístní čep spojuje ojnici s pístem a přenáší mezi nimi síly. Je vyráběn z cementační nebo nitridační oceli s kaleným povrchem. Odvádí část tepla z pístu do ojnice.

➤ Ojnice

Přenáší veškeré síly z pístu na klikový hřídel. Ojnice se nejčastěji vyrábějí z legované oceli, někdy taky tvárné či temperované litiny. Je vyráběná jako dělená, nebo celistvá.

Účel:

- spojit píst s klikovým hřídelem
- přenést síly z pístního čepu na klikový hřídel
- změnit přímočarý vratný pohyb pístu na rotační pohyb klikové hřídele



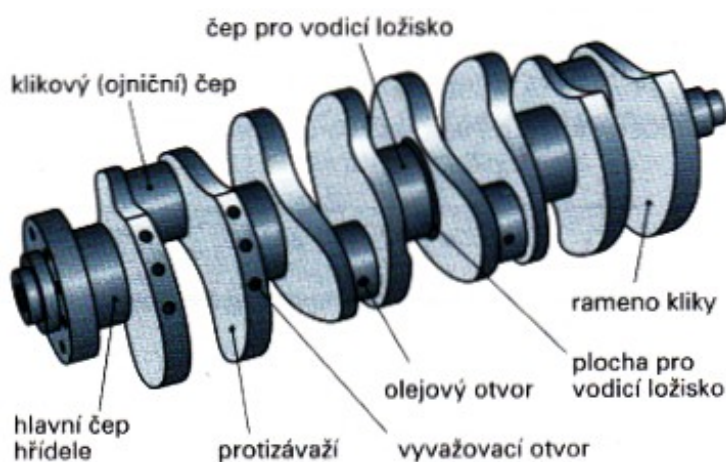
Obr. 6 Ojnice [1]

➤ Klikový hřídel

Klikové hřídel se vyrábějí kováním, nebo odléváním z uhlíkové nebo legované oceli, a někdy také z tvárné litiny. Kliková hřídel musí být dynamicky vyvážená. V provozu se používají tři základní typy klikových hřídelí a to, jednoduché, skládané a dělené. Kliková hřídel je mazána motorovým olejem, který je vytlačován přes mazací kanálky na hlavní ložiska.

Účel:

- přenášet posuvný pohyb ojnice na rotační
- přenášet točivý moment na setrvační a dále na spojku
- pohánět ventilový rozvod, chladicí soustavy, olejové čerpadlo, alternátor, rozdělovač



Obr. 7 Klikový hřídel [1]

ROZVODOVÝ MECHANISMUS

Účel:

- Řídí plnění válců motoru směsí
- Odvádí spaliny z válců

Základní typy uspořádání rozvodových mechanismů:

SV (Side Valves) - motor s postranními ventily a s váčkovým hřídelem v bloku motoru

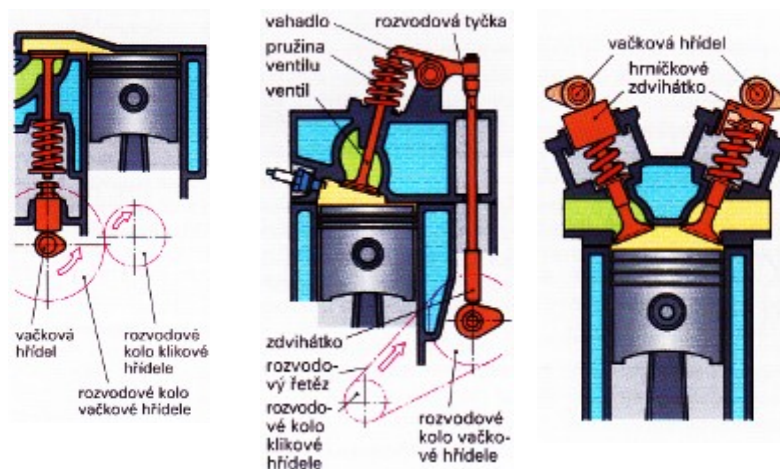
OHC (Over Head Camshaft) – rozvod s ventily v hlavě válců a váčkovým hřídelem na hlavě válců

DOHC (Double Over Head Camshaft) – rozvod s ventily v hlavě válců a dvojicí váčkových hřídelí na hlavě válců

OHV (Over Head Valves) – rozvod s ventily v hlavě válců a váčkovým hřídelem v bloku motoru

CIH (Camshaft In Head) – rozvod s ventily v a váčkovým hřídelem v hlavě válců

IOE (Inlet Over Exhaust) - rozvod se sacím ventilem v hlavě válců a výfukovým v bloku motoru



Obr. 8 Rozvod SV, OHV, DOHC [3]

➤ Ventily

Ventily zajišťují otevírání a zavírání sacích a výfukových kanálů. Sací ventil má zpravidla větší průměr talířku než výfukový ventil, protože menší průřez výfukového kanálku zaručuje vysoký tlak výfukových plynů při otevření výfukového ventilu. Ventily musí odolávat značnému mechanickému, tepelnému i chemickému namáhání. Sací ventily jsou nejčastěji vyrobeny z jednoho kusu oceli, oproti výfukovým ventilům, které se vyrábějí jako bimetalové ventily u kterých se na talířky používá žáruvzdorná ocel a na horní část dřívku je použita kalitelná ocel.

➤ Ventilové pružiny

Ventilové pružiny slouží k uzavírání sacích a výfukových ventilů. Dále také musí zajistit dostatečné přitlačení ventilů se zdvihátkem k povrchu váčkové hřídele. Používají se zpravidla dvě pružiny, z nichž jedna je jistící a zabrání při prasknutí jedné spadnutí ventilu do válce.

➤ Vahadla

Vahadlo je dvouramenná páka, která přenáší pohyb z rozvodových tyček na ventil u rozvodu OHV nebo u rozvodu OHV z váčky na ventil.

➤ Váčkový hřídel

Zajišťuje otevírání ventilu ve správném pořadí a umožňuje uzavírání ventilů ventilovými pružinami. Doba otevření, zdvihu, rychlosti otevírání a zavírání ventilu je dán jejím tvarem. Nejčastěji používané váčky jsou váčky harmonické, u kterých jsou boky tvořeny kruhovými oblouky.

Odlité váčkové hřídele se vyrábějí z legované litiny s lamelárním grafitem nebo z tvrdé litiny s globulárním grafitem. Skládané váčkové hřídele se vyrábějí odděleně z oceli k cementování, k zušlechtnění nebo nitridačním ocelí.

Zdroj části 1.1 [4]

1.2 Druhy zážehových motorů

Základní druhy zážehových motorů jsou čtyřdobé, dvoudobé a rotační zážehové motory.

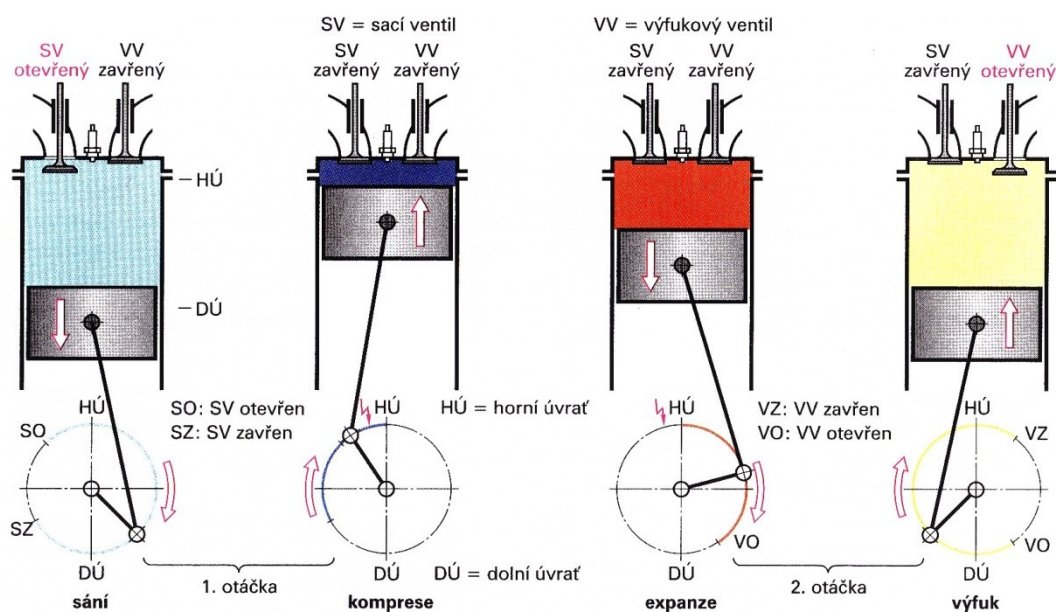
1.2.1 Čtyřdobý spalovací motor

Tyto motory mají uzavřenou výměnu plynů a celý pracovní cyklus proběhne během 2 otáček klikové hřídele, tj. 4 zdvihy pístu. Účinnost tohoto motoru je asi 26% - 31%.

Pracovní oběh čtyřdobého motoru se skládá ze 4 fází (dob), které jsou:

- Sání
- Komprese (stlačování)
- Expanze (rozpínání)
- Výfuk

Každá doba proběhne za jeden zdvih pístu.



Obr. 9 Pracovní oběh čtyřdobého zážehového motoru [4]

Sání

Při pohybu pístu z horní úvrati (HÚ) do dolní úvrati (DÚ) vniká ve válci podtlak, který je 10 kPa až 20 kPa. Vzhledem k tomu, že tlak ve válci je nižší než tlak okolí, tak se vzduch nasává do sacího systému, kde se vzduch mísí s palivem pomocí vstřikovacího zařízení, nebo karburátoru.

Komprese (Stlačování)

Při pohybu pístu z DÚ do HÚ dochází ke stlačení čerstvé náplně. (všechny ventily jsou uzavřeny). Se zmenšujícím objemem spalovacího prostoru roste teplota (350°C až 450°C) a tlak směsi (až 1,8 MPa).

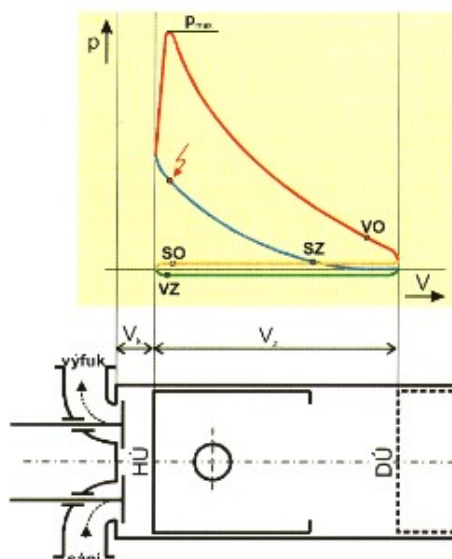
Expanze (rozpínání)

Expanze je jediná pracovní doba čtyřtakového spalovacího motoru. Zápalná směs je aktivována elektrickým výbojem mezi elektrodami svíčky. Rozpínající plyny tlačí píst z HÚ do DÚ při čemž dochází k přeměně energie tepelné na energii mechanickou. Při expanzi vzniká ve válci tlak 4 až 6,5 MPa a krátkodobě teplota 2000°C až 2500°C .

Výfuk

Výfukový ventil se otevírá ještě před koncem expanzního zdvihu (35° až 90° před HÚ). Tlak 0,3 MPa až 0,5 MPa, který je ještě na konci expanze ve válci proudí výfukové plyny vysokou rychlostí (až rychlostí zvuku) do výfukového potrubí.

Pracovní oběh spalovacího motoru můžeme znázornit pomocí indikátorového pracovního diagramu.



Obr. 10 PV diagram [4]

Tab. 1 Tlaky a teploty čtyřdobých spalovacích motorů:

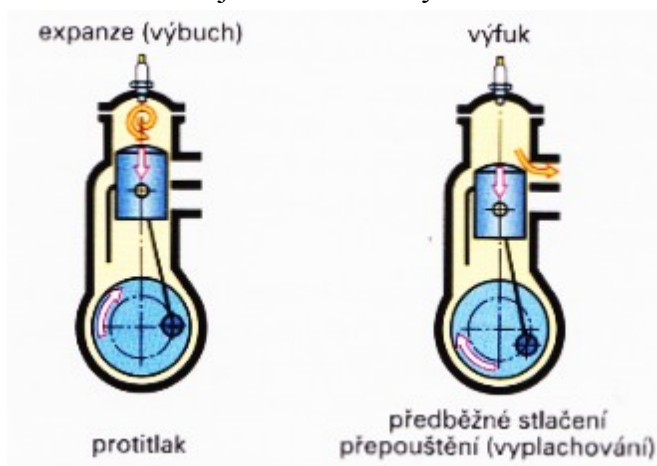
Tlak na konci komprese	1,0 MPa – 1,8 MPa
Teplota na konci komprese	350°C – 450°C
Maximální tlak	4,0 MPa – 6,5 MPa
Maximální teplota	2000°C – 2500°C
Tlak na začátku výfuku	0,25 MPa – 0,40 MPa
Teplota výfukových plynů	800°C – 900

1.2.2 Dvoudobý zážehový motor

Hlavní rozdíl oproti čtyřdobým je, že celý cyklus proběhne během 1 otáčky klikové hřídele, tj. 2 zdvihy pístu. Dvoudobý motor nepotřebuje pro svůj chod žádný rozvodový mechanismus pro výměnu pracovní náplně ve válci. Výměna obsahu válců je nejčastěji řízená pístem a kanály ve stěně válce. Pracovní cyklus tvoří stejně jako u čtyřdobého motoru, sání, komprese, expanze, výfuk. Průběh dob se však odlišuje od čtyřdobého časově.

Píst se pohybuje z DÚ do HÚ

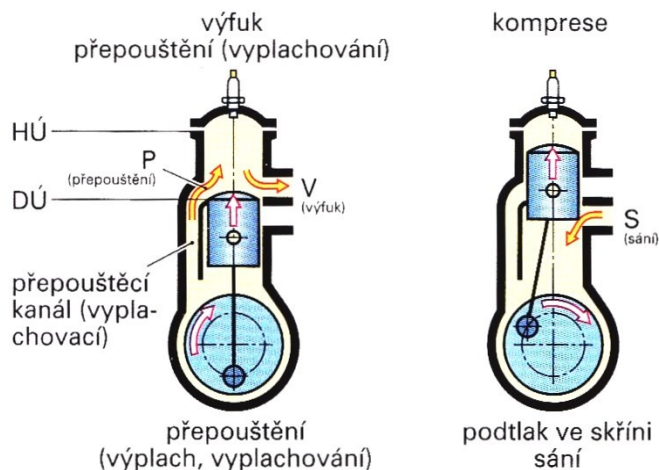
- Činnosti v klikové skřini (pod pístem) - Po uzavření přepouštěcích kanálků pístem se v utěsněné klikové skřini zvětšuje objem a vzniká podtlak 20 kPa až 40 kPa. Když se píst dostane nad sací kanál, začíná nasávání směsi do klikové skřině.
- Činnost ve spalovacím prostoru (nad pístem) - Když se uzavře výfukový kanál, dochází ke stlačení směsi ve válci. Ještě před dosažením pístu do HÚ dochází k zažehnutí směsi elektrickou jiskrou ze svíčky.



Obr. 11 Pohyb pístu dvoudobého motoru z DÚ do HÚ [1]

Píst se pohybuje z HÚ do DÚ

- Činnost ve spalovacím prostoru (nad pístem) - V důsledku vznícení směsi dochází ke zvýšení tlaku a teploty a plyn se začne rozpínat a tlačí píst do DÚ
- Činnost v klikové skříni (pod pístem) - Píst uzavře sací kanál a spaliny v klikové skříni jsou vytlačeny přetlakem 30 kPa až 60 kPa přes přepouštěcí kanál a dále do výfukového kanálu.



Obr. 11 Pohyb pístu dvoudobého motoru z DÚ do HÚ [1]

1.2.3 Rotační (Wankelův) spalovací motor

Wankelův motor je spalovací motor s rotačním pístem založený na principu rozpínání plynů. Tento motor se odlišuje od motoru čtyřdobého a dvoudobého tím, že rotační pohyb vykonává samotný píst a tudíž se rotační pohyb může přenášet rovnou na výstředníkovou hřídel a dále na spojku. Hlavní části je píst ve tvaru sférického trojúhelníku, skříň trochoidního tvaru, a sací a výfukový kanál. Celý cyklus proběhne za 3 otáčky výstředníkové hřídele. Mezi boky pístu a stěnou skříň vzniknou tři oddělné pracovní prostory. Komory jsou odděleny vrcholy pístu a utěsněny těsníci lištami.

Zdroj části 1.2 [4]

1.3 Systémy řízení motoru

1.3.1 Karburátory

Úkol karburátoru je mísit palivo se vzduchem ve správném poměru. Množství směsi přizpůsobuje stavu motoru.

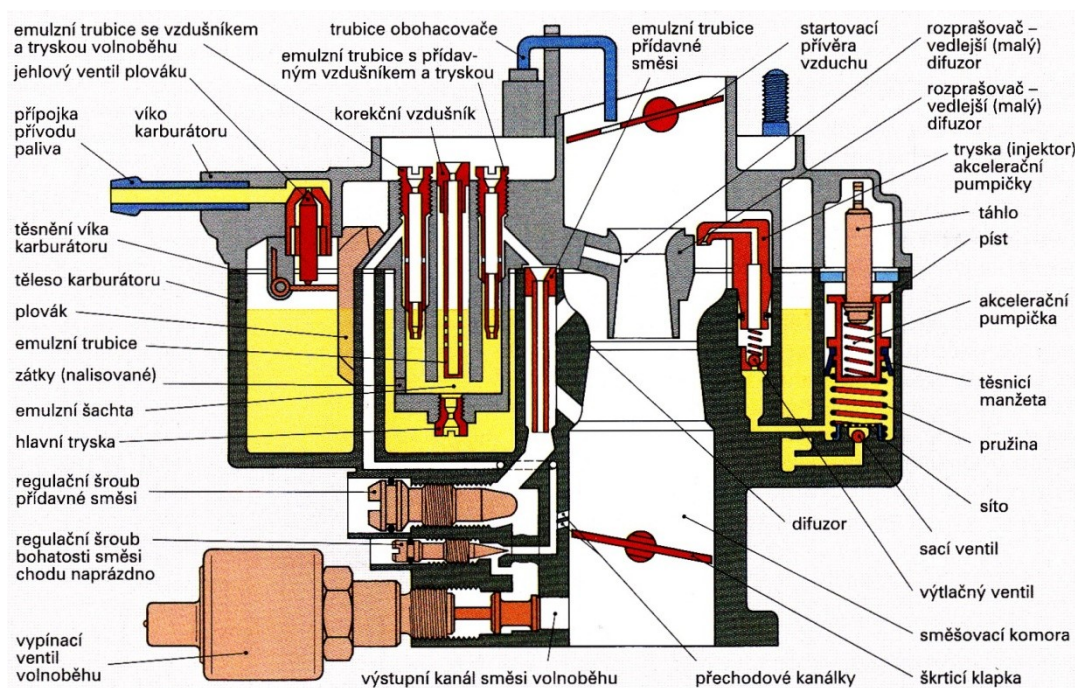
Princip činnosti:

Vzduch je nasáván do karburátoru přes zúžený průřez (difuzor), kde je největší rychlost a největší podtlak vzduchu. V tomto místě je umístěna palivová trubice a vlivem rozdílu tlaku se nasává palivo do směšovací komory, přičemž je rozprášeno na drobné kapky. Jemného rozprášení se docílí tím, že ještě před rozprášením se pomocí vzdušníku dostává malé množství vzduchu do emulzní trubice a tím je palivo míšeno (zpěněno). Množství paliva a vzduchu se reguluje škrticí klapkou.

Hlavní části karburátorů jsou palivová nádrž, palivové potrubí, čistič paliva, palivové čerpadlo, čistič vzduchu.

Systém a zařízení karburátoru zajišťuje správnou funkci ve všech provozních režimech motoru. Mezi zařízení patří:

- Plovákové zařízení
- Zařízení pro spouštění studeného motoru (sytič, vzduchová přívěra)
- Systém běhu naprázdno
- Přechodový systém
- Hlavní systém
- Akcelerační pumpička
- Obohacovací zařízení



Obr. 13 Karburátor [1]

Zdroj části 1.3.1 [1]

1.3.2 Vstřikování paliva

Úlohou vstřikování je vstřikovat jemně rozprášené palivo do nasávaného vzduchu a zároveň upravovat směšovací poměr v závislosti na stavu motoru.

Vstřikování paliva má oproti karburátorům tyto výhody:

- Nižší emisní hodnoty
- Nižší spotřeba paliva
- Vyšší výkon motoru
- Vysoký točivý moment motoru
- Lepší průběh charakteristik motoru

Řízené vstřikování řídí přípravu směsi i zapalování.

Neřízené vstřikování řídí přípravu směsi, ale nikoliv zapalování

NEPŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ

Tvorba směsi začíná mimo spalovací prostor. Palivo je vstřikováno do sacího potrubí nebo sacího kanálu. Ke konečnému promísení směsi dochází ve válci motoru.

Účel:

- Přizpůsobit složení zápalné směsi zatížení a otáčkám motoru
- Vstříknout a rozpráshit palivo
- Smísit palivo se vzduchem

➤ **Jednobodové vstřikování (SPI - Single Point Injection)**

Palivo je vstřikováno centrálně jedním elektromagnetickým vstřikovacím ventilem do komory před škrtkící klapku.

Mono Motronic je jednobodové nízkotlaké vstřikování s elektronickým zapalováním. Tento systém optimalizuje přípravu směsi i řízení zapalování. Hlavní částí je elektronická vstřikovací jednotka s mikropočítačem.

Mono Jetronic je elektronicky řízené jednobodové nízkotlaké vstřikování paliva s centrálně umístěným elektromagnetickým vstřikovacím ventilem. Hlavními řídicími veličinami jsou poloha škrtkící klapky a otáčky motoru.

➤ **Vícebodové vstřikování (MPI – Multi Point Injection)**

Každý válec má svůj vlastní vstřikovací ventil a palivo je vstřikováno přímo na sací ventil.

Motronic je podrobně rozebrán v kapitole popis měřeného vozidla.

PŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ

Tento systém vstřikuje palivo přímo do pracovního prostoru motoru.

Výhody:

- O 20% menší spotřeba paliva
- O 20% nižší CO₂
- O 10% vyšší výkon motoru

Nevýhody:

- Složitá elektronika
- Zvýšení množství NO_x
- Složitá konstrukce

Volkswagen FSI (MED 7)

Zařízení vyvinula firma Bosch pod označením MED 7. Jedná se o vstřikování s vrstvením paliva.

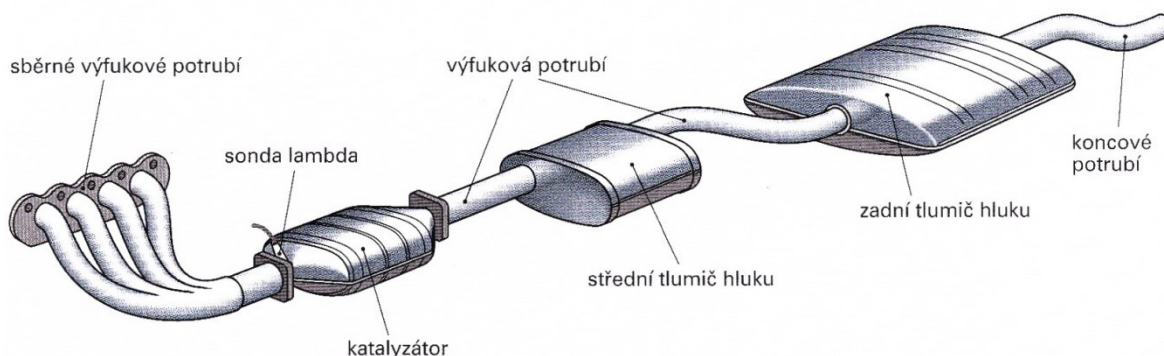
Systém MED 7 pracuje v mnoha režimech, jako jsou:

- Režim s vrstvenou směsí (úsporný)
- Režim s homogenní směsí (výkonový)
- Homogenní chudý režim
- Homogenní režim s ochranou proti klepání se dvěma vstřiky
- Vrstvený režim s ohřevem katalyzátoru se dvěma vstřiky

Zdroj části 1.3.2 [5]

1.3.3 Výfukový systém

Výfukový systém má za úkol odvádět spaliny, tak aby nedošlo k jejich vniknutí do kabiny vozidla, a také tlumí hluk vzniklý z proudění spalin ze spalovacího prostoru. Nejdůležitější úkol výfukového systému je eliminovat škodlivé látky vzniklé při spalování.



Obr. 14 Výfukový systém [1]

Nejvýznamnější částí výfukového systému je katalyzátor, který můžeme rozdělit na:

Neřízené katalyzátory, které se používají u vznětových motorů.

Řízené katalyzátory, které se používají u zážehových motorů. Nedílnou součástí tohoto systému je také lambda sonda, která měří množství zbytkového kyslíku ve výfukových plynech a předává informace řídicí jednotce, která dále upravuje směšovací poměr a tím zaručuje optimální podmínky motoru i katalyzátoru.

Katalyzátor je zařízení, které je umístěno ve výfukovém systému motoru a má za úkol snižovat některé ze složek emisí na základě chemicko-tepelné reakce. Katalyzátor je tvořen kovovou nebo keramickou vložkou (nosič katalyzátoru), mezivrstvou a aktivní vrstvou (vlastní katalyzátor). Vložka je tvořena z několika tisíců jemných kanálků, kterými proudí výfukové plyny. Kovový nosič je tvořen velmi porézní mezivrstvou. Tím se zvýší povrch katalyzátoru. Na mezivrstvu, nebo přímo na kovový nosič se nanáší tenká vrstva vzácných kovů (platina, rhodium, palladium). Vrstva závisí na typu škodlivin, které jsou produkovány v závislosti na typu motoru.

Zdroj [1]

Třícestný katalyzátor v současné době umožňuje nejefektivnější, nejbezpečnější a nejspolehlivější způsob čištění spalín u benzinových motorů. Tento katalyzátor přeměňuje tři škodliviny, uhlovodíky (HC), oxid uhelnatý (CO) a oxidy dusíku (NO_x) na méně škodlivé plyny. Katalyzátor se skládá z kovového nebo keramického nosiče pokrytého vrstvou ušlechtilých kovů (platina, rhodium, iridium). Katalyzátor mění škodliviny ze zhruba 90 procent na oxid uhličitý (CO₂), dusík (N₂) a vodu (H₂O). Aby svou práci mohl vykonávat efektivně, potřebuje třícestný katalyzátor určitou pracovní teplotu. Proto se často používají předřazené katalyzátory umístěné v blízkosti motoru, které snižují emisní zátěž již ve fázi zahřívání motoru. Optimální složení směsi benzín - vzduch, jež je potřebné pro přeměnu, řídí lambda sonda ve spolupráci s řídicí jednotkou motoru.

Zdroj[10]



Obr. 15 Třícestný katalyzátor [11]

2 Paliva zážehových motorů

Základním palivem pro zážehové motory je benzín. Dále se pro chod zážehových motorů používají alternativní paliva.

Benzín

Benzín patří mezi lehká motorová paliva a je to kapalná směs uhlovodíků vyráběná frakční destilací z ropy.

Nejdůležitější parametry benzínu jsou:

- Oktanové číslo (OČ)
- Karburační schopnost a odpařivost

➤ Oktanové číslo (OČ)

Oktanové číslo vyjadřuje jeho antidektonační schopnost, neboli odolnost benzínu proti samozápalu, což má za následek tzv. „klepání“ motoru. Čím je OČ větší, tím déle benzín hoří a tím větší musí být kompresní poměr motoru. OČ spalovacích motorů nevyhovují dnešním nárokům zážehových motorů, proto se OČ zvyšuje tzv. antidektonátory.

Antidektonátory

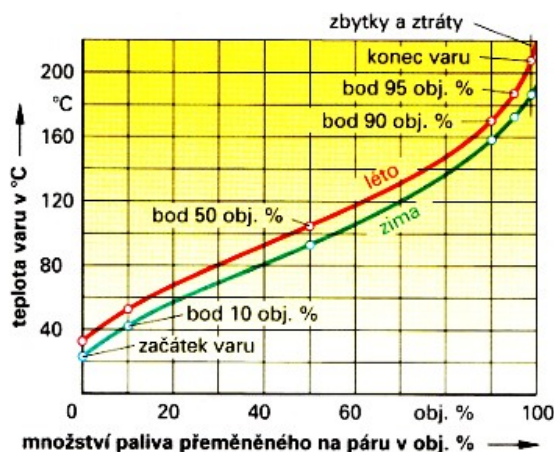
Antidektonátory jsou látky, které mají OČ větší než 100. V minulosti se používaly sloučeniny olova, které jsou ovšem toxické a v dnešní době již nepoužívané. Namísto toho se jako antidektonátory používají látky éterického původu jako jsou:

- Metyltercbutyléter (MTBE)
- Etyltercbutyléter (ETBE)
- Tercamylmetyléter (TAME)

➤ Karburační schopnost a odparnost benzínu

Vyjadřuje schopnost tvořit směs par a jemně rozprášených kapiček. Odparnost je dána destilační křivkou. Destilační křivka je grafické znázornění závislosti množství benzínu na teplotě destilace.

Zdroj [5]



Obr. 16 Destilační křivka benzínu [1]

2.1 Emisní hodnoty zážehových motorů

Emise jsou to látky, které zapříčiňují znečištění ovzduší. Tyto škodlivé látky produkují spalovací motory a jsou obsaženy ve výfukových plynech. Obsah těchto škodlivin je závislý na součiniteli přebytku vzduchu

Složení výfukových plynů zážehových motorů:

Oxid uhelnatý – CO [% obj.]

Je bezbarvý plyn bez zápachu. Při vdechování blokuje transport kyslíku v krvi a i malá dávka je smrtelná. Oxid uhelnatý vzniká nedokonalým spalováním paliva v důsledku nedostatku vzduchu.

Nespálené uhlovodíky – HC [ppm]

Se skládají z velkého množství různých sloučenin uhlíku a vodíku. Uhlovodíky mají rakovinotvorné účinky a dráždí sliznici. Spolu s dalšími látkami se podílí na vzniku smogu. Vznikají při nedokonalém spalování paliva v důsledku nedostatku vzduchu. Jejich podíl roste se snižující se hodnotou součinitele λ .

Oxidy dusíku – NO_x [% obj.]

Jde o sloučeninu kyslíku a dusíku (N₂O, NO, NO₂). Mohou být bezbarvé a bez zápachu, ale i červenohnědě štiplavě zapáchající. Oxidy dusíku dráždí dýchací cesty a při větších koncentracích ničí plicní tkáň. Jsou spoluviníky při tvorbě smogu. Vznikají při vysokých teplotách a tlacích ve spalovacím prostoru.

Vzhledem k nutnosti omezování znečišťování ovzduší výfukovými plyny je legislativně předepsán nejvyšší dovolený obsah škodlivých látek ve výfukových plynech.

Emisní norma EURO

Emisní norma Euro platná v zemích Evropské unie stanovuje limitní hodnoty výfukových exhalací. Hodnoty se uvádějí v miligramech na ujetý kilometr. Tyto látky však nejsou jediné, které automobil vypouští. Je zde např. oxid uhličitý, který je často zmiňován v souvislosti s globálním oteplováním, norma ho však neřeší. Dále jsou zde sirné sloučeniny.

Zdroj [20]

Tab. 2 Povolené hodnoty škodlivých látek ve výfukových plynech zážehových motorů [20]

Rok/norma		CO [g/km]	NO _x [g/km]	HC + NO _x [g/km]	HC [g/km]
1992	EURO I	3,16	-	1,13	-
1996	EURO II	2,20	-	0,50	-
2000	EURO III	2,30	0,15	-	0,20
2005	EURO IV	1,0	0,08	-	0,10
2009	EURO V	1,0	0,06	-	0,10
2014	EURO VI	1,0	0,06	-	0,10

3 Popis měřeného vozidla

Škoda Octavia I je automobil nižší střední třídy vyráběný českou automobilkou Škoda od roku 1996 do roku 2000. K mání byla široká škála zážehových i vznětových motorů. K zážehovým patří např. 1.4 MPI, 1.4 16V, 1.6 MPI, 1.8 20V, 1.8 T, 2.0 MPI a vznětovým 1.9 SDI, 1.9 TDI, 1.9 PDI-PD. Výbava modelu byla LX, GLX, SLX, Laurin & Klement. Automobil se vyráběl jako liftback i combi. Jde o zážehový atmosférický čtyřválcový motor s 5 ventily na válec.

Tab. 3 Specifikace měřeného vozidla

Škoda Octavia 1.8 20V	
Typ motoru	AGN
Systém řízení motoru	vícebodové vstřikování Motronic M3.8.2 s řízeným vstřikováním i zapalováním
Objem motoru	1781 cm ³
Výkon	92kW při (6000 1/min)
Max. točivý moment	173 Nm (při 4100 1/min)
Max. rychlost	201 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	10,9 s
Spotřeba	
Město	6,1 l
Mimo město	7,8 l
Kombinovaná	9,6 l
Stav tachometru	169 397 km
Rok výroby	1999



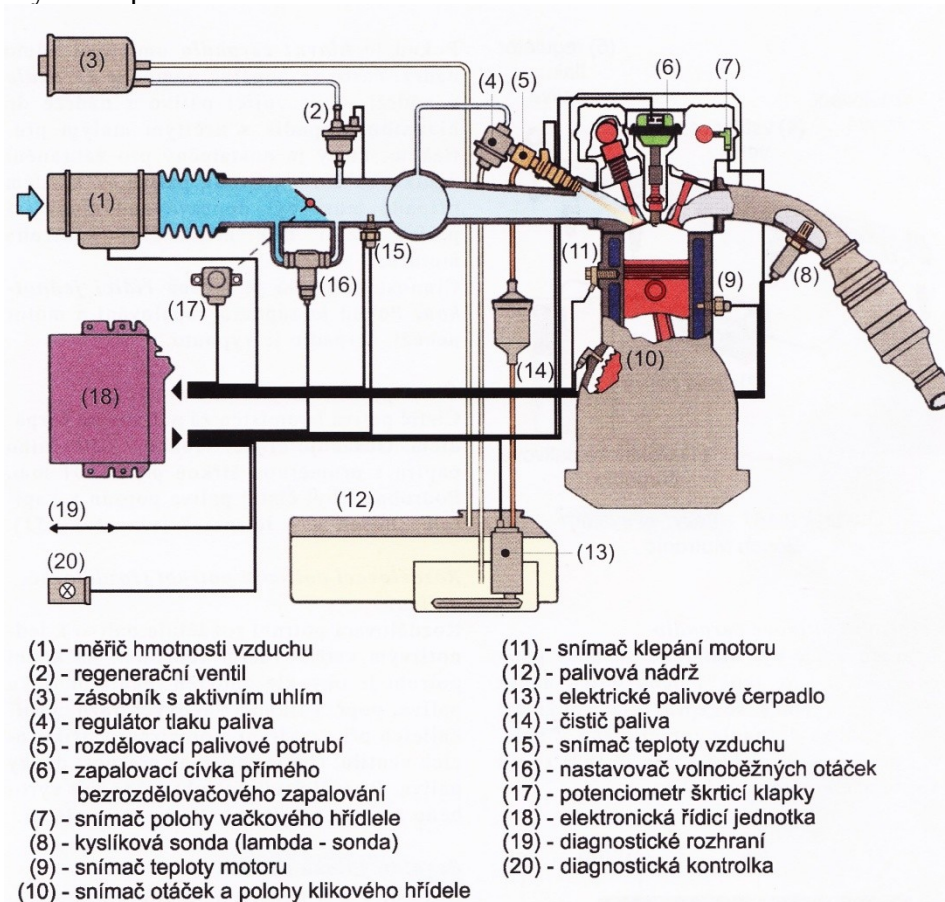
Obr. 17 Škoda Octavia I [vlastní foto]

3.1 Motormanagement

Motronic M3.8.2 je systém s přerušovaným sekvenčním vstřikováním a bezrozdělovačovým zapalováním. Tento systém sdružuje v jedné řídicí jednotce všechnu elektroniku řízení zážehového motoru. Aby systém fungoval správně, jsou data získávána z několika snímačů. Tyto data jsou před vstupem do mikroprocesoru upravována vstupním stupněm. Mikroprocesor v závislosti na datech určí provozní režim motoru a vypočte nastavovací signály. Tyto signály jsou zesíleny koncovými stupni a řídí jimi činnost motoru. Takto se dosahuje optimální spolupráce vstřikování a zapalování ve všech provozních režimech.

Primární funkce systému Motronic je řízení vstřikování a zapalování. Sekundární funkce jsou funkce, které jsou potřeba pro snížení spotřeby paliva emisí. Mezi ně patří například:

- Lambda regulace
- Zachycení a využití odpařeného paliva
- Regulace detonačního spalování
- Zpětné vedení výfukových plynů pro snížení No_x
- Řízení systému přidavného vzduchu ke snížení HC



Obr. 18 Bosch Motronic M3 [5]

Základní a přídatné funkce:

- Sekvenční vstřikování
 - Pomocí třírozměrného datového pole se určují základní doby vstřiku
 - Při spouštění motoru se řídí dávkování paliva
 - Při opakovaném spouštění, při spouštění teplého motoru a zrychlení se směs obohacuje
 - Při brzdění motorem se odpojí vstřikování
 - Omezení maximálních dovolených otáček
 - Adaptivní lambda regulace
- Zapalování
 - Pomocí třírozměrného datového pole se nastavuje základní úhel předstihu zážehu a doba sepnutí primárního okruhu
 - Řízení úhlu otevření sacích ventilů
 - Řízení zahřívání motoru
 - Regulace volnoběžných otáček
 - Adaptivní regulace klepání motorů
- Odvětrání palivové nádrže
 - řízeno třírozměrným datovým polem a upravováno pomocí lambda regulace
- Vlastní diagnostika
 - Kontrola akčních členů a snímačů
 - Uložení kódu závad do paměti, čtení paměti závad
 - Diagnostika akčních členů a výstup naměřených hodnot
 - Nouzový režim

Zdroj části 3.1 [5]

Zapalování

U všech zážehových motorů je potřeba směs paliva a vzduchu zažehnout cizím zdrojem. To se provádí elektrickou jiskrou. Zapalovací zařízení má za úkol zapálit směs paliva a vzduchu za všech provozních režimů motoru. K tomuto je potřeba aby:

- Napětí akumulátoru 12V bylo transformováno na 8-24kV.

- Byl k dispozici dostatek zápalné energie, aby se v každém kompresním zdvihu získala zápalná jiskra s co nejdelší dobou hoření. Výpadky jiskry mohou vést ke zničení katalyzátoru.
- Se bod zážehu v rámci řízení přizpůsoboval provozním podmínkám motoru

Toto přizpůsobování vede k optimalizaci točivého momentu a výkonu při minimalizaci spotřeby paliva a podílu škodlivin ve výfukových plynech. Kromě toho také zabraňuje detonačnímu spalování.

Zdroj [3]

Druhy zapalování

- **Bateriové zapalování** označované také jako klasické nebo konvenční. Využívá energii akumulátoru (při startu motoru) a z generátoru (za běhu motoru). V dnešní době používané elektronické zapalovací systémy pracují v podstatě na stejném principu, avšak s výhodami, které elektronika přináší.
- **Elektronické zapalování** vypočítává okamžik zážehu a srovnává jej s hodnotami charakteristiky zapalování, která je uložena v paměti mikropočítače. Je určen optimální předstih zážehu a elektronicky v ovládacím zařízení vyvolá zážeh. Hlavní informace pro určení předstihu zážehu jsou zatížení motoru a otáčky motoru. U tohoto typu je použito plně elektronické zapalování
- **Plně elektronické zapalování** vypočítává okamžik zážehu a srovnává jej s hodnotami charakteristiky zapalování, která je uložena v paměti mikropočítače. Je určen optimální předstih zážehu a elektronicky v ovládacím zařízení vyvolá zážeh. Mechanicky pracující rozdělovač zapalovacího napětí je nahrazen statickým rozdělováním zapalovacího napětí. Hlavní informace pro určení předstihu zážehu jsou zatížení motoru, otáčky motoru. Navíc však řídicí jednotka potřebuje ještě další vstupní informaci, a to od snímače na vačkové hřídeli. Pomocí tohoto snímače řídicí jednotka rozpozná pracovní takt válců a podle toho ovládá pořadí zapalování na jednotlivých cívkách

Výhody:

- Zapalování je zcela bezúdržbové
- Nevznikají jiskry mimo pracovní prostor

- Menší rušení rozhlasového přijímače
- Lze realizovat regulaci klepání
- Dobré chování při startu
- Lepší řízení volnoběžných otáček

Všechny údaje jsou zpracovávány v mikropočítači, který vybere pro každý stav motoru optimální nastavení předstihu. Tyto optimální hodnoty jsou vybrány z tzv. třírozměrného datového pole, umístěné v paměti mikropočítače.

Zdroj [19]

3.2 Akční členy

➤ Otáčky motoru

Snímač otáček a polohy klikového hřídele získává základní informace o otáčkách klikové hřídele a její poloze. Spolu se signálem z měřiče hmotnosti vzduchu je základní informací pro dávkování vstřikovaného paliva. Používají se Hallovy nebo indukční snímače, které reagují na hrany drážky vyfrézované v setrvačnicku nebo na zuby signálního kola. Při porušení snímače nemůže motor pracovat.

Zdroj [3]



Obr. 19 Snímač otáček Klikové hřídele [12]

➤ Poloha škrtící klapky

Potenciometr škrtící klapky je spojen s osou škrtící klapky, slouží k regulaci i ke snímání její polohy. Integrovaná spínač signalizuje uzavření klapky a tím režim volnoběhu. Při výpadku signálu o uzavření klapky se použijí náhradní hodnoty pro minimální otáčky, které jsou uloženy v paměti

Zdroj [3]



Obr. 20 Potenciometr škrtící klapky [13]

➤ Zbytkový kyslík

Kyslíková sonda (lambda sonda) měří množství zbytkového kyslíku ve výfukových plynech a předává informace řídicí jednotce, která vyšle signál do regulačního členu a řídí tím dobu vstřiku trysek. Pokud je ve výfukových plynech podíl vzduchu malý (směs je bohatá), tak se doba vstřiku zkrátí. Naopak pokud je podíl vzduchu ve výfukových plynech vysoký (směs je chudá), tak se doba vstřikování prodlouží. Sonda se umísťuje do výfukového potrubí před katalyzátor. Moderní systémy mají i druhou lambda sondu, která je za katalyzátorem a slouží ke kontrole stavu katalyzátoru. Pro správný chod motoru je nejdůležitější co možná nejpresnější poměr paliva se vzduchem. Aby bylo zaručeno ideálního spalování a správné funkce, používá se tzv. stechiometrický poměr, který je složen z 1kg paliva a 14,7 kg vzduchu. Tento poměr se dá vyjádřit jako $\lambda=1$.

Zdroj [3]



Obr. 21 Lambda sonda [14]

Sonda se skokovou charakteristikou je složena z keramického tělesa (např. oxidu zirkoničitého) a potažena z obou stran tenkou vrstvou platiny. Aby se dosáhlo co nejrychleji teploty při které sonda pracuje optimálně, tak bývá vyhřívána. Nejideálnější teplota je na 350°C u nevyhřívané sondy a nad 200°C u vyhřívané.

Činnost:

Keramický materiál sondy začne být vodivý od 350°C. Je-li na vnitřní straně vzduch a na vnější straně výfukové plyny, pak vzniká napětí, které je 100mV pro chudou směs a 800mV pro směs bohatou. Při hodnotě $\lambda = 1$ dochází ke skokové změně napětí, které při této hodnotě činí 500mV. Teplota sondy nesmí překročit hranici 850-900°C, jinak dojde k jejímu poškození.

Zdroj [3]

Širokopásmová lambda sonda se skládá ze dvou sond se skokovou charakteristikou, přičemž jedna slouží jako čerpací článek a druhá jako měřicí článek. Oba články mezi sebou mají tzv. difuzní štěrbinu (10-50μm). Tato štěrbinu slouží jako měřicí prostor a je spojena s výfukovými plyny nasávacím otvorem. V části měřicí je umístěn kanál referenčního vzduchu, který je propojen s okolním vzduchem. K určení hodnoty λ se používá velikost čerpacího proudu I_p , který vypočítává řídicí jednotka. Regulace lambda je možná měřit v širokém rozsahu od $\lambda = 0,7$ do $\lambda = 4$. Ideální provozní teplota sondy je 700-800°C.

Zdroj [3]

Činnost:

Na měřicím článku vzniká v důsledku odlišné koncentrace kyslíku na elektrodách napětí. Čerpací článek tento efekt využívá obráceně. Tzn, že přivedením napětí na elektrody na nich dochází ke vzniku rozdílnosti v obsahu kyslíku. V závislosti na polaritě je do měřicího prostoru (nebo z něj) čerpáno tolik kyslíku, aby na měřicím článku bylo napětí trvale 450mV. Přivedením proudu na čerpací článek prochází kyslík v závislosti na polaritě keramickou destičkou. Je-li směs bohatá, to znamená, že je množství kyslíku ve výfukových plynech, tedy i na elektrodě, nižší. Napětí na měřicím článku se zvýší a informace a jeho změně jdou do řídicí jednotky. Aby bylo zajištěno trvalé hodnoty napětí 450mV, musí se množství kyslíku ve výfukových plynech na straně elektrody zvýšit. Čerpací článek začne čerpat kyslík do měřicího prostoru. Velikost proudu, který je třeba pro čerpání je ekvivalentem množství

kyslíku ve výfukových plynech, a tím i mírou součinitele λ . Čerpací proud je vyhodnocován v řídicí jednotce a ta vyšle dále signály do regulačního členu, který provede změny, jež vedou k ochuzení směsi. Pokud je směs chudá, pracuje systém obdobně, ale s tím rozdílem, že čerpání se uskutečňuje opačným směrem, tedy z měřicího prostoru ven.

Zdroj [1]

➤ **Množství nasátého vzduchu**

Měřič hmotnosti nasátého vzduchu je termický snímač zatížení. Umísťuje se mezi škrtkovou klapku a čistič vzduchu. Jeho úkolem je vyhodnotit tok hmoty vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$). V toku vzduchu je umístěno elektricky vyhřívané topné tělísko, které je ochlazováno proudícím vzduchem. K tomuto tělísku je přiveden proud, který jej ohřívá a udržuje jeho konstantní teplotu, která je vyšší než teplota nasávaného vzduchu. Při poruše měřiče se řídicí jednotka řídí podle nastavení polohy škrtkové klapky (nouzový stav).

Zdroj [5]



Obr. 22 Měřič množství nasátého vzduchu s vyhřívaným filmem [15]

Měřič hmotnosti vzduchu s vyhřívaným drátem

Vyhřívaným tělískem je u tohoto měřiče platinový drátek o tloušťce 0,07 mm. V tělese je integrován snímač teploty, který slouží ke kompenzaci teploty nasávaného vzduchu. Hlavní prvky elektrického zapojení jsou zesilovač a měřicí můstek. Součástí můstku jsou vyhřívaný drátek a snímač teploty, které pracují jako teplotně závislé odpory. Na rezistoru vytváří elektrický ohřívací proud napěťový signál, který je úměrný toku hmoty nasávaného vzduchu. Tento napěťový signál je přiveden do řídicí jednotky. Z důvodů možných usazenin na drátku, které mohou zkreslovat naměřené hodnoty, se drátek po vypnutí motoru během 1 sekundy ohřeje na 1000°C. Tímto se všechny usazeniny a nečistoty spálí a drátek je vyčištěn.

Zdroj [5]

Měřič hmotnosti vzduchu s vyhřívaným filmem

Tělisko je v tomto případě platinový film, který se spolu dalšími částmi můstkového zapojení nachází a keramické destičce. Základním prvkem je odporový můstek se třemi kalibračními rezistory a dvěma teplotně závislými rezistory. Teplota filmu je získávána z teplotně závislého odporu (snímač průtoku), který je součástí můstku. Přesnost měřiče je zachována i při spalování nečistot.

Zdroj [5]

➤ Detonační spalování Snímač klepání

Při hoření směsi dochází k tzv. detonačnímu spalování, které je způsobeno samovznícením paliva. Normální spalování směsi a její stlačování zapříčiní nárůst teploty a tlaku, které má za následek samovzněcování ještě nezažehnuté směsi. Při detonačním spalování rychlost šíření plamene dosahuje více než 2000 m/s, oproti normálním, kdy je rychlost 30 m/s. Při tomto spalování dochází k velkému stlačení nespálené směsi. Vniklá tlaková vlna naráží do stěny spalovacího prostoru. Frekvence kmitání je zaznamenávána snímačem klepání a převáděna na elektrický signál, který je veden do řídicí jednotky motoru.

Následky:

Mechanické poškození hlavy válce, těsnění a pístu.

Zdroj [5]



Obr. 23 Snímač klepání [16]

➤ Teplota nasávaného vzduchu

Snímač teploty nasávaného vzduchu má čidlo tvořené NTC termistorem a umísťuje se do sacího potrubí za škrticí klapku. Údaj o teplotě ovlivňuje dávkování vstřikovaného paliva. Při chladném vzduchu se doba otevření ventilů prodlužuje o 20 %. Při výpadku signálu použije řídicí jednotka hodnotu uloženou v paměti.

Zdroj [3]

➤ Odvětrávací soustava palivové nádrže

Regenerační ventil

Palivo se v palivové nádrži zahřívá a tím vznikají emise HC. Součástí odvětrávací soustavy je nádobka s aktivním uhlím, do které vede hadička z palivové nádrže. Aktivní uhlí filtruje výpary z benzínu a do okolí pouští jen čistý vzduch. Tím se také zajišťuje vyrovnaní tlaků. Aby mohlo být uhlí regenerováno, další hadička vede do sacího systému motoru. Při chodu motoru se v sacím potrubí vytvoří podtlak, který způsobí, že se vzduch nasává přes aktivní uhlí, strhává tak naakumulované palivo, které je pak spalováno v motoru. Regenerační ventil umístěný na hadičce k sacímu potrubí dávkuje množství zkondenzovaného paliva. Regenerační ventil je ovládán tak, aby byla nádobka s aktivním uhlím dostatečně promývána a odchylky lambdy byly minimální.

Aby mohla adaptace směsi pracovat nezávisle na odvětrávacím systému, je regenerační ventil v pravidelných intervalech zavírán.

Při neaktivní lambda regulaci jsou povolena jen malá regenerační množství, protože by jinak nebylo možné vyregulovat odchylku ve složení směsi. Při deceleraci je regenerační ventil prudce uzavřen, aby se zabránilo proniknutí nespálených benzínových par do katalyzátoru.

Zdroj [1,3]

3.3 Regulace

V řídicí jednotce je ze signálů zatížení a otáček motoru vypočítána hodnota zatížení, která odpovídá hmotnosti nasátého vzduchu za jeden zdvih motoru. Tato hodnota zatížení důležitá pro výpočet doby vstřiku a pro pole charakteristik určujícího úhel předstihu zážehu. Pro výpočet hodnoty zatížení je použitou veličinou přímo měřená hmotnost vzduchu. Pro zjištění hmotnosti vzduchu je nutné použít korekci hustoty vzduchu. V některých případech mohou nastat chyby měření způsobené velkými vzduchovými pulzacemi v sacím potrubí, které jsou ovšem kompenzovány korekcí pulzace.

Lambda regulace

Nejúčinnějším opatřením snižování emisí ve výfukových plynech je jejich zpracování v třístupňovém katalyzátoru. Tento katalyzátor převádí tři škodlivé složky CO, HC a NO_x na H₂O, CO₂ a N₂.

Regulační rozsah (skoková lambda sonda)

Aby docházelo k co nejúčinnější přeměně již zmíněných složek, musí být součinitel λ co nejbližší hodnotě 1. Toho jde dosáhnout jen za pomoci lambda regulace.

Když je směs ($\lambda > 1$) je její napětí asi 100 mV, když bohatá, tak vyvolá napětí přibližně 800 mV. Při $\lambda \sim 1$ skočí napětí z jedné napěťové úrovně na druhou. Řídicí jednotka vytváří ze signálu měřiče hmotnosti vzduchu a získaných otáček motoru vstřikovací signál. Pro lambda regulaci vypočítává řídicí jednotka ze signálu lambda sondy faktor, za jehož pomoci lze upravovat dobu vstřiku.

Zdroj [1]

Funkce:

Lambda regulace je účinná jen s plně funkční lambda sondou. Pokud je lambda sonda studená, jsou hodnoty napětí nevěrohodné a tak se používá vyhřívána lambda sonda, která je po 30s v provozuschopném stavu. Pokud je vedení k ní přerušeno či zkratované, není lambda regulace prováděna a řídicí jednotka využívá k nouzovému chodu dat z třírozměrného datového pole.

Studené motory potřebují pro rovnoměrný chod bohatší směs ($\lambda < 1$). Proto může být funkce lambda regulace zprovozněna až po překročení určité teploty motoru. Při aktivní lambda

regulaci je napěťový signál lambda sondy v řídicí jednotce přeměněn na dvoubodový signál, který vyše signál regulačnímu obvodu a ten změni své ovládací veličiny. Doba vstřiku je tím změněna (prodloužena či zkrácena), a s nepřetržitou výměnou dat se nastaví trvalá oscilace regulačního faktoru.

4 Metodika měření

4.1 Legislativa

Výtah z vyhlášky 302/2001 Sb. Ministerstva dopravy a spojů ze dne 7. srpna 2001 o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. Z této vyhlášky jsem vybral části, které mají souvislost s tímto měřením.

Rozsah a způsob měření emisí

- U vozidla se zážehovým motorem s řízeným emisním systémem s katalyzátorem se při měření emisí provádí
 - a) vizuální kontrola v rozsahu jako u vozidla s neřízeným emisním systémem, rozšířená o kontrolu stavu katalyzátoru, stavu sondy lambda, přídatných nebo doplňkových systémů ke snižování emisí a příslušné elektroinstalace,
 - b) kontrola funkce řídicího systému motoru, čtení paměti závad pomocí diagnostického zařízení v rozsahu a způsobem předepsaným výrobcem vozidla,
 - c) u motoru zahřátého na provozní teplotu změření otáček volnoběhu a obsahu CO ve volnoběhu a obsahu CO a součinitele přebytku vzduchu lambda při zvýšených otáčkách v rozmezí 2500 až 2800 min⁻¹, pokud výrobce vozidla nestanoví jinak,
 - d) porovnání výsledků kontroly a naměřených hodnot se stavem a hodnotami stanovenými výrobcem vozidla; pokud výrobce tyto hodnoty nestanoví, nesmí být překročeny přípustné hodnoty stanovené přílohou č. 1.
- Při měření emisí se kontroluje i soulad vozidla s technickým průkazem vozidla a osvědčením o měření emisí, bylo-li již vozidlu vystaveno. Ověřují se identifikační údaje vozidla a motoru, štítky na vozidle a správnost údajů uvedených v osvědčení o měření emisí. Nesoulad evidenčních údajů v dokladech vozidla se skutečným stavem se zaznamená do poznámky protokolu o měření emisí.

- Konkrétní postupy při měření emisí se řídí předpisy výrobce vozidla nebo výrobce emisního systému. Pokud nejsou stanoveny, postupuje se podle postupů uvedených v instrukcích ministerstva oznámených ve Věstníku dopravy.
- U vozidel s motory, které dosud neprošly záběhem, tj. u vozidel s motory novými nebo s motory po celkové opravě, se při měření emisí měřicí postupy neaplikují. V těchto případech se postupuje podle § 7.
- Přípustné hodnoty obsahu plynných složek emisí a kouřivosti ve výfukových plynech motoru jsou stanoveny výrobcem vozidla. Pokud výrobce tyto hodnoty nestanovil, nesmí být překročeny přípustné hodnoty stanovené přílohou č. 1.

Protokol o měření emisí, hodnocení výsledku měření emisí

- Protokol o provedeném měření emisí obsahuje

- a) logo měření emisí, číslo stanice měření emisí, název provozovatele, místo nebo sídlo podnikání a číslo telefonu stanice měření emisí,
- b) nadpis s uvedením názvu protokolu a čísla protokolu o měření emisí; číslo protokolu se skládá z pořadového čísla měření emisí provedeného v kalendářním roce lomeného posledním dvojčíslím kalendářního roku,
- c) informace o vozidle a jeho motoru; výrobní číslo motoru se uvádí jen v případě, že je vyznačeno v technickém průkazu vozidla,
- d) výsledek vizuální kontroly, u vozidel s pohonem na plyn i výsledek kontroly těsnosti plynového zařízení,
- e) výsledek kontroly řídicího systému motoru, je-li součástí vozidla,
- f) parametry měřené při měření emisí, jejich předepsané i naměřené hodnoty pro základní i případné alternativní palivo, je-li tento druh pohonu na vozidle instalován,
- g) informace o použitém analyzátoru (kouřoměru) s uvedením výrobce a typu,
- h) informace o tom, že záznam z analyzátoru (kouřoměru) tvoří přílohu protokolu o měření emisí, nebo, že měřené hodnoty byly zaznamenány přímým vstupem měřicího zařízení do protokolu o měření emisí,
- i) poznámky s uvedením zjištěných závad,
- j) hodnocení výsledku měření emisí,
- k) údaj, zda vozidlu byla nebo nebyla přidělena kontrolní nálepka,
- l) číslo osvědčení o měření emisí,
- m) termín příštího pravidelného měření emisí,

n) datum provedení měření emisí, jméno a číslo osvědčení mechanika, který měření emisí prováděl, razítko stanice měření emisí a podpis odpovědné osoby provozovatele stanice měření emisí.

- Motorové vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje, jestliže na jeho technickém stavu nebyly zjištěny závady mající vliv na zhoršení emisního chování vozidla a kontrolované parametry se nacházejí v mezích stanovených výrobcem vozidla. Pokud výrobce tyto hodnoty nestanovil, nesmí být překročeny přípustné hodnoty obsahu složek výfukových plynů stanovené v příloze č. 1.
- Motorové vozidlo z hlediska měření emisí nevyhovuje, jestliže na jeho technickém stavu byly zjištěny závady mající vliv na zhoršení emisního chování vozidla nebo kontrolované parametry se nenacházejí ve stanovených mezích podle odstavce 2.
- Vzory protokolů o měření emisí pro vozidla se zážehovým a vznětovým motorem jsou uvedeny v příloze č. 4.

Zdroj [21]

4.2 Měřicí zařízení

K vlastnímu měření je použito zařízení BEA 850 a zařízení pro vyčtení paměti závad KTS 540.

BEA 850 je modulárně řešený komplex pro měření emisí u zážehových a vznětových motorů s bohatým základním vybavením umožňujícím měření přídavných veličin (předstih, úhel sepnutí, napětí lambda sondy, odpor, dynamický předvstřík) a zobrazení pomalých signálů na osciloskopu (napětí lambda sondy, doba vstříku, poměrné sepnutí). Zařízení je možné obsluhovat z místa řidiče pomocí dálkového ovládání. Výhodou je plná automatizace měřicích postupů a dokonalé přizpůsobení požadavkům české legislativy.

Zdroj[17]

Tab. 4 Měřicí rozsah [17]

CO	0–10 % obj. 0,001 % obj.
CO2	0–18 % obj. 0,01 % obj.
HC	0–9 999 ppm 1,0 ppm
O2	0–22 % obj. 0,01 % obj.
NO	0–5 000 ppm 1,0 ppm
Lambda	0,5–1,8 0,001



Obr. 24 Analyzátor výfukových plynů BEA 850 [17]

KTS 540 je zařízení pro kontrolu, diagnostiku, vyhledávání a odstraňování závad u elektronických systémů řízení moderních zážehových a vznětových motorů, ale také systémů ABS, ASR, ESP, řízení automatických převodovek, řízení komfortních a bezpečnostních systémů a mnoho dalších. Diagnostický přístroj KTS 540 spolupracuje se softwarem BOSCH ESI(tronic). Toto zařízení spolu se softwarem ESI(tronic) umožňuje na vozidle provádět například tyto diagnostické úkony:

- číst paměť závad
- vymazat paměť závad
- sledovat měřené hodnoty
- provést test akčních členů
- vynulovat servisní intervaly
- komunikovat s řídicími jednotkami EOBD



Obr. 25 KTS 540 [18]

Diagnostický přístroj KTS 540 má integrovaný dvoukanálový multimetr pro měření napětí, odporu a proudu.

Připojení k osobnímu počítači se provádí pomocí USB kabelu nebo bezdrátovou Bluetooth technologií.

Zdroj[18]

4.3 Postup měření

➤ **Přistavení vozidla a provedení kontroly určených celků**

Kontrolují se všechny komponenty související s tvorbou emisí (těsná palivová a výfuková soustava, čistý vzduchový filtr, funkce zapalování, neporušenost plomb).

➤ **Seřízení vozidla před měřením**

V této části se připojí vozidlo k přístroji KTS 540, který vyčte paměť závad. Měření může pokračovat, pokud nejsou nalezeny žádné závady, v opačném případě se musí závady odstranit.

➤ **Příprava přístroje pro měření**

Pro měření byl použit přístroj BAE 850, ve kterém se nastaví údaje o vozidle a vlastníkovi. Provede se kalibrace (kontrola těsnosti, nulování hladiny HC). Následně se připojí snímač teploty oleje, snímač otáček a nakonec se do výfuku vloží sonda.

➤ Měření emisí

Vlastní měření emisí se provádí nejprve při zvýšených otáčkách a následně při volnoběhu. Z tohoto měření dostaneme hodnoty CO, HC a součinitel přebytku vzduchu λ .

➤ Hodnocení měření emisí

Měření emisí vyhovuje, jestliže nedošlo k překročení některých z uvedených hodnot.

4.4 Závady

Závady byly buďto nasimulovány odpojením snímače, nebo zjišťovány na skutečně porouchané části. Pro vyhodnocení výsledků je nutné znát dovolené hodnoty, které jsou dány výrobcem vozidla a zapsány v následující tabulce.

Tab. 5 Dovolené hodnoty výfukových plynů

	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Dovolené hodnoty	volnoběh	max 0,5	max 300	0,97-1,03
	zvýšené otáčky	max 0,3	max 300	0,97-1,03

Nefunkční lambda sonda

Závada byla nasimulována odpojením této sondy.

Mezi nejčastější poruchy lambda sondy patří přehřátí jejího pouzdra, spálení identifikační plochy zbytkového kyslíku, závada na vedení a porucha na vyhřívání.

Dojde-li k ztrátě signálu lambda sondy, není prováděná lambda regulace a lambda adaptace je zastavena. Systém tedy pracuje v nouzovém režimu, a řídicí jednotka využívá k chodu údajů z datového pole.

Nejčastější následky poruch lambda sondy je větší spotřeba paliva, nepravidelný chod motoru, špatný start studeného motoru, ničení katalyzátoru.

Tab. 6 Hodnoty výfukových plynů při poruše vedení lambda sondy

Závada	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Porušené vedení lambda sondy	volnoběh	6,888	845	0,895
	zvýšené otáčky	8,365	629	0,853

Nefunkční měřič hmotnosti nasávaného vzduchu

Závada byla nasimulována odpojením snímače.

Nejčastější závady měřiče je jeho znečištění, nebo jeho úplné zničení. Příčiny poruch mohou být netěsnost sacího potrubí, která může způsobit pronikání nečistot, špatná funkce odvětrávání klikové skříně, zkrat způsobený proniknutím vody do sacího potrubí. Při poruše měřiče se řídicí jednotka řídí podle nastavení polohy škrtkové klapky (nouzový stav).

Tab. 7 Hodnoty výfukových plynů při nefunkčním měřiči hmotnosti vzduchu

Závada	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Nefunkční měřič hmotnosti vzduchu	volnoběh	5,799	482	0,891
	zvýšené otáčky	7,972	353	0,803

Nefunkční snímač klepání

Závada byla nasimulována odpojením snímače.

Při poruše tohoto snímače může docházet k detonačnímu spalování a v dlouhodobém měřítku může vést k snížení životnosti motoru.

Tab. 8 Hodnoty výfukových plynů při nefunkčním snímači klepání

Závada	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Nefunkční snímač klepání	volnoběh	0,944	320	1,025
	zvýšené otáčky	0,623	166	1,019

Nefunkční regenerační ventil

Závada byla nasimulována odpojením ventilu

Pokud dojde k poškození ventilu, např. k proražení membrány, výpary jsou nasávány bez regulace do sání. Tím vzniká přebytek paliva a nedokonalé spalování, které způsobuje nepravdivý chod motoru ve volnoběhu a deceleračním režimu.

Tab. 9 Hodnoty výfukových plynů při nefunkčním regeneračním ventilu

Závada	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Nefunkční regenerační ventil	volnoběh	3,445	642	0,948
	zvýšené otáčky	1,830	184	1,004

Vadný Katalyzátor

Starý, již vadný katalyzátor byl vyměněn za nový.

Když teplota katalyzátoru dosáhne teploty vyšší než 800°C dochází k tepelnému stárnutí katalyzační vrstvy. Pokud dosáhne teplota vyšší hodnoty než 1000°C tak se katalyzátor zničí (spálí). K tomuto může dojít např. při výpadku zapalování, kdy se nespálené palivo dostane do výfukového systému, kde shoří. Když je katalyzátor vadný, nedochází k žádné změně plnění motoru, pouze se zvýší hodnoty výfukových plynů.

Tab. 10 Hodnoty výfukových plynů s vadným katalyzátorem

Závada	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Vadný katalyzátor	volnoběh	0,873	250	1,021
	zvýšené otáčky	0,732	189	1,006

Výpadek zapalování

U zapalování byla porucha nasimulovaná odpojením jednoho kabelu svíčky.

K výpadku může dojít poškozením kabelu, vadnou zapalovací svíčkou. Při dlouhodobém výpadku zapalování dochází k tomu, že nespálená směs se dostává do výfukového potrubí, kde shoří a ničí tím katalyzátor.

Tab. 11 Hodnoty výfukových plynů při výpadku zapalování

Závada	Stav motoru	CO[% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Výpadek zapalování	volnoběh	1,866	1134	1,511
	zvýšené otáčky	2,394	1274	1,097

5 Vyhodnocení výsledků

Z měření nám vyplynuly hodnoty oxidu uhelnatého (CO), nespálených uhlovodíků (HC) a součinitele přebytku vzduchu λ .

Oxid uhelnatý (CO)

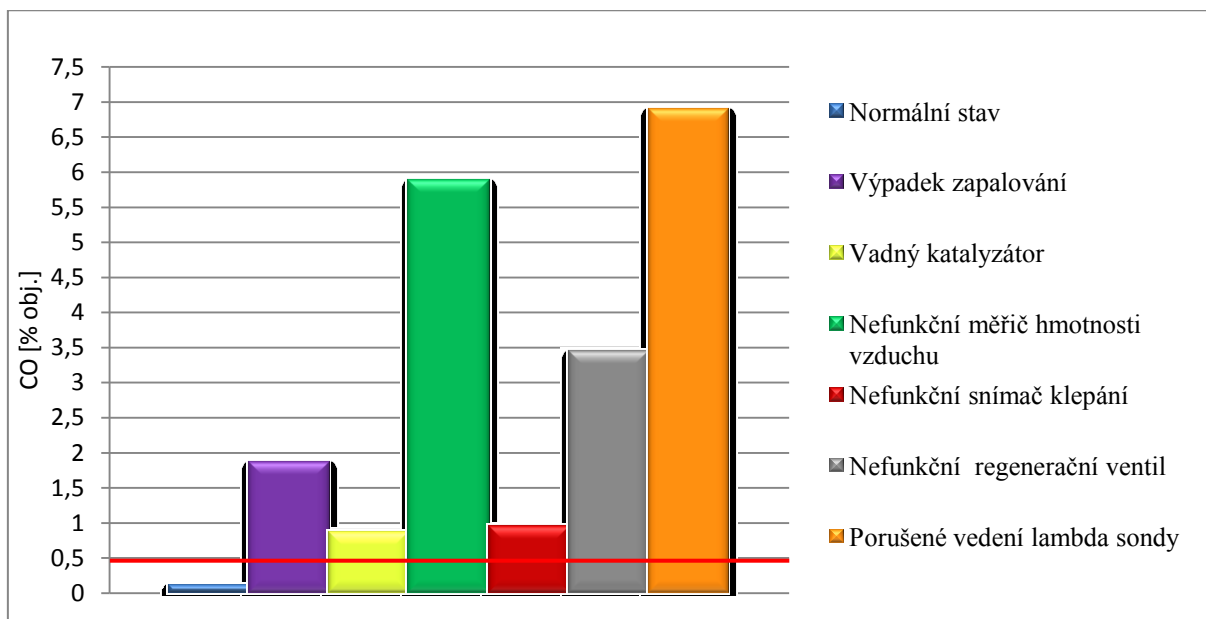
V tab.12 můžeme vidět, jak se mění obsah CO ve výfukových plynech v závislosti na závadách a stavu motoru.

Tab. 12 Hodnoty Oxidu uhelnatého

Závada	Stav motoru	CO[%obj.]			
		I Měření	II Měření	III Měření	Průměr
Normální stav	volnoběh	0,110	0,135	0,115	0,120
	zvýšené otáčky	0,211	0,211	0,164	0,195
Výpadek zapalování	volnoběh	2,061	1,796	1,740	1,866
	zvýšené otáčky	2,954	2,432	1,795	2,394
Vadný katalyzátor	volnoběh	0,874	0,791	0,953	0,873
	zvýšené otáčky	0,746	0,729	0,720	0,732
Nefunkční měřič hmotnosti vzduchu	volnoběh	5,920	5,026	6,451	5,799
	zvýšené otáčky	7,250	8,204	8,463	7,972
Nefunkční snímač klepání	volnoběh	0,992	0,894	0,945	0,944
	zvýšené otáčky	0,623	0,612	0,635	0,623
Nefunkční regenerační ventil	volnoběh	2,946	3,939	3,451	3,445
	zvýšené otáčky	1,896	1,781	1,813	1,830
Porušené vedení lambda sondy	volnoběh	6,253	7,225	7,186	6,888
	zvýšené otáčky	7,696	8,445	8,953	8,365

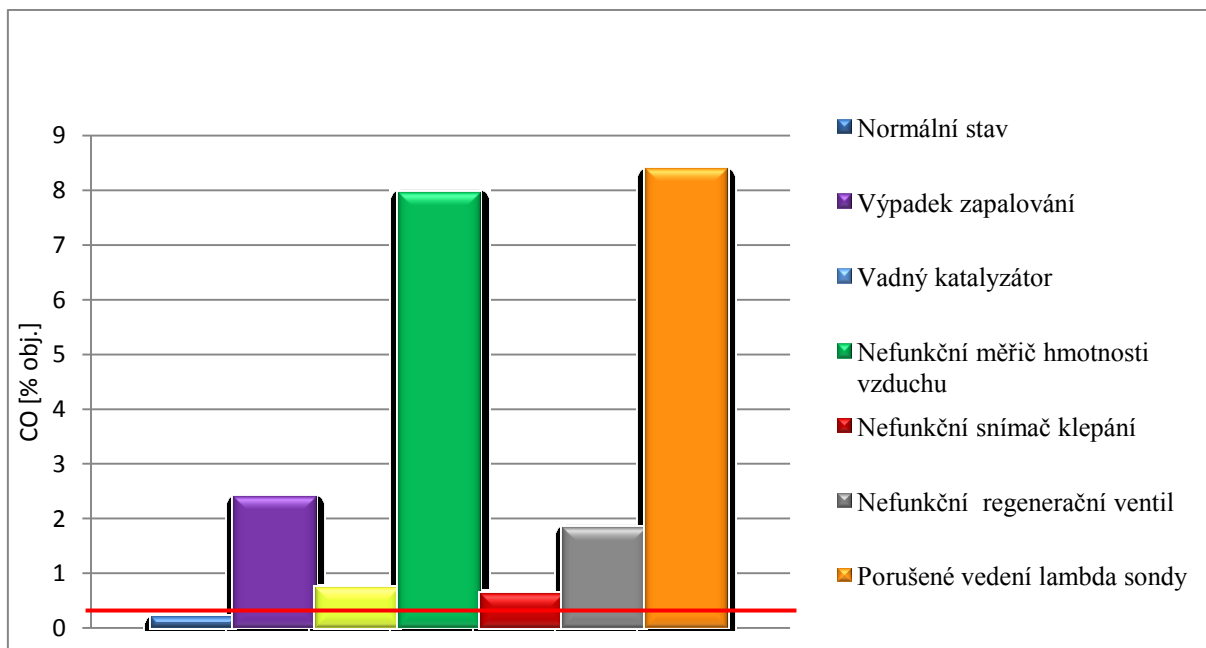
Z tab. 12 pak vychází obr. 26 a obr. 27, na kterých je graf obsahu CO. Z obou grafů je patrné, že všechny uvedené závady překračují hodnoty CO dané výrobcem vozidla. Největší podíl na hodnotách CO má však nefunkční měřič hmotnosti vzduchu a porušené vedení lambda sondy, které své hodnoty překračují až několikanásobně. Dále je patrné že při volnoběhu má regenerační ventil větší vliv na hodnoty CO, než při zvýšených otáčkách a výpadek zapalování má zase větší vliv na hodnoty CO při zvýšených otáčkách. Lze také vidět, že snímač klepání a katalyzátor ovlivňují hodnoty CO jen v malé míře.

Volnoběžné otáčky



Obr. 26 Graf obsahu oxidu uhelnatého

Zvýšené otáčky



Obr. 27 Graf obsahu oxidu uhelnatého

Nespálené uhlovodíky (HC)

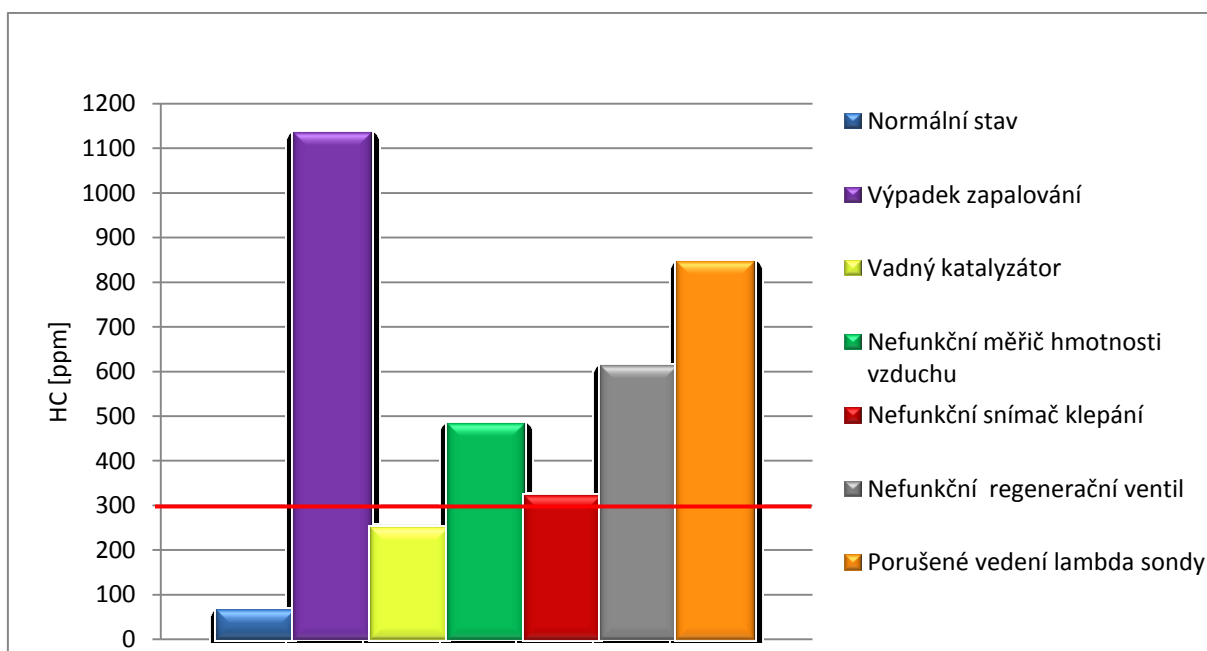
V tab. 13 můžeme vidět, jak se mění obsah HC ve výfukových plynech v závislosti na závadách a stavu motoru.

Tab. 13 Hodnoty nespálených uhlovodíků

Závada	Stav motoru	HC[ppm]			
		I Měření	II Měření	III Měření	Průměr
Normální stav	volnoběh	60	65	70	65
	zvýšené otáčky	49	56	51	52
Výpadek zapalování	volnoběh	1102	1275	1025	1134
	zvýšené otáčky	1203	1320	1298	1274
Vadný katalyzátor	volnoběh	199	259	292	250
	zvýšené otáčky	179	190	201	189
Nefunkční měřič hmotnosti vzduchu	volnoběh	423	499	523	482
	zvýšené otáčky	346	349	364	353
Nefunkční snímač klepání	volnoběh	305	320	334	320
	zvýšené otáčky	155	164	179	166
Nefunkční regenerační ventil	volnoběh	595	628	613	612
	zvýšené otáčky	180	192	181	184
Porušené vedení lambda sondy	volnoběh	791	944	801	845
	zvýšené otáčky	628	699	559	629

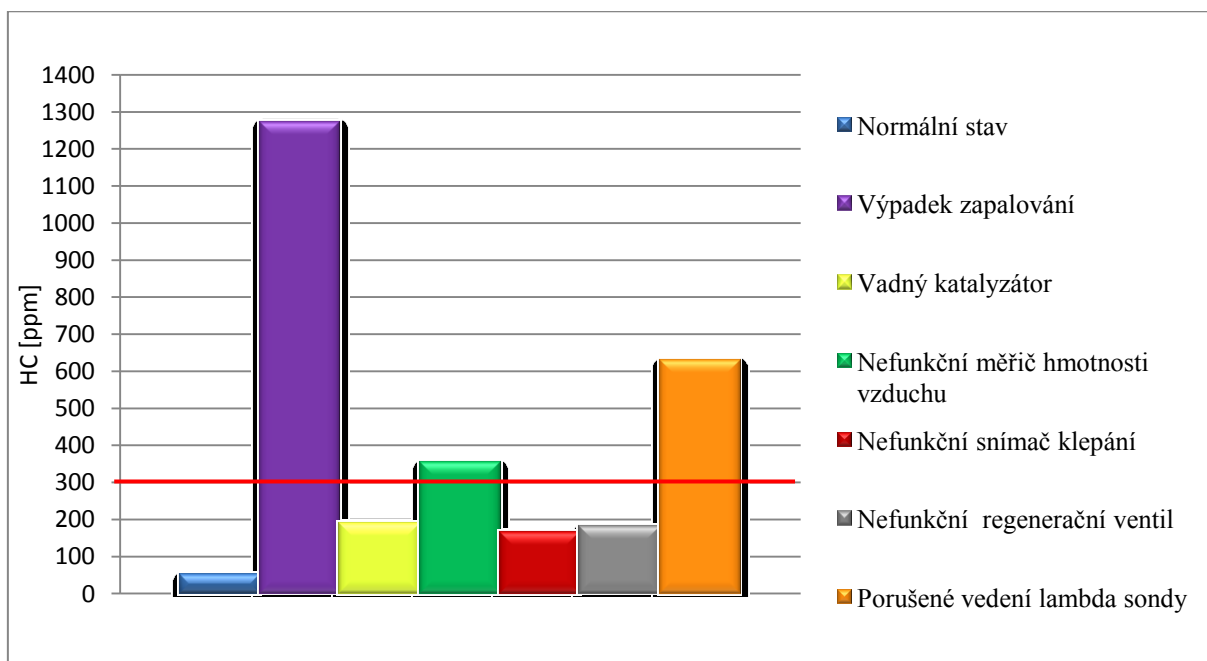
Z tab. 13 vychází obr. 28 a obr. 29, na kterých je graf obsahu HC. Z obou grafů je patrné, že hodnoty HC nejvíce překračuje výpadek zapalování, porušené vedení lambda sondy a v menší míře také nefunkční měřič hmotnosti vzduchu. Tyto vysoké hodnoty jsou pro katalyzátor přímo katastrofální. Nefunkční regenerační ventil má na tvorbu HC větší vliv pouze při volnoběžných otáčkách. Ostatní závady mají na hodnoty HC je malý vliv a povolenou hranici překračují jen minimálně, nebo vůbec.

Volnoběžné otáčky



Obr. 28 Graf obsahu nespálených uhlovodíků

Zvýšené otáčky



Obr. 29 Graf obsahu nespálených uhlovodíků

Součinitel přebytku vzduchu λ

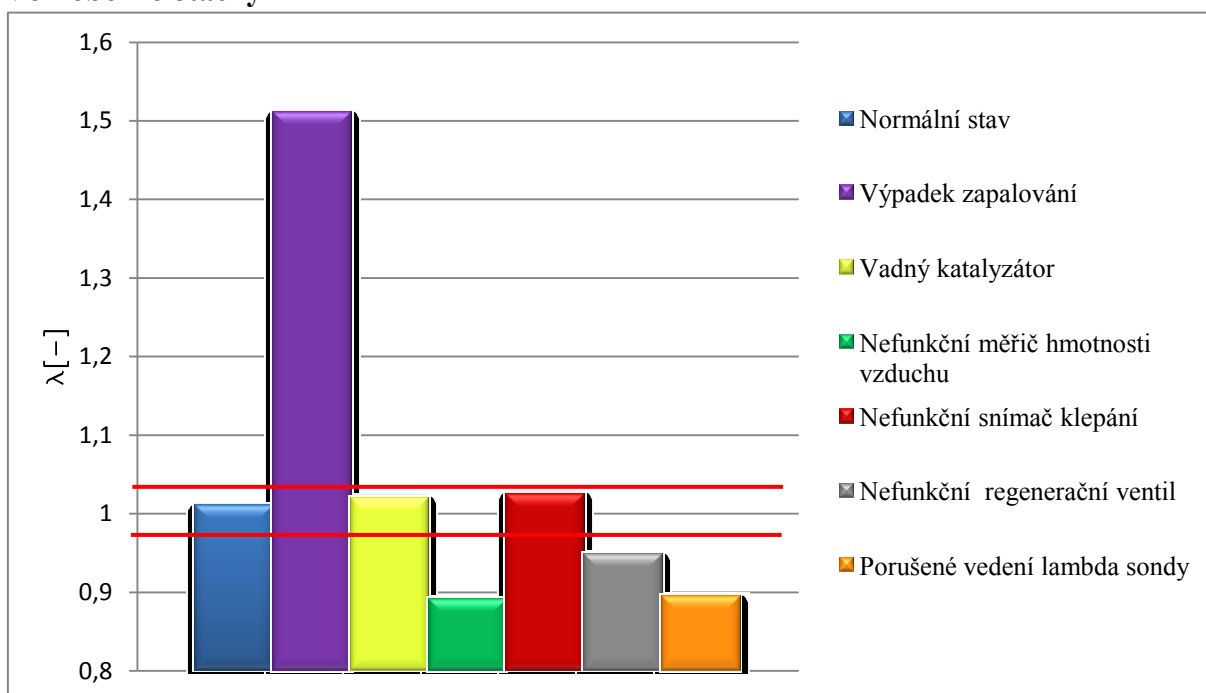
V tab. 14 můžeme vidět, jak se mění součinitel přebytku vzduchu λ v závislosti na závadách a stavu motoru.

Tab. 14 Hodnoty součinitele přebytku vzduchu λ

Závada	Stav motoru	λ [-]			
		I Měření	II Měření	III Měření	Průměr
Normální stav	volnoběh	0,998	1,012	1,019	1,010
	zvýšené otáčky	0,987	1,013	0,985	0,995
Výpadek zapalování	volnoběh	1,495	1,523	1,515	1,511
	zvýšené otáčky	1,103	1,095	1,094	1,097
Vadný katalyzátor	volnoběh	1,016	1,029	1,019	1,021
	zvýšené otáčky	0,998	1,019	1,001	1,006
Nefunkční měřič hmotnosti vzduchu	volnoběh	0,843	0,912	0,919	0,891
	zvýšené otáčky	0,794	0,846	0,770	0,803
Nefunkční snímač klepání	volnoběh	1,013	1,035	1,028	1,025
	zvýšené otáčky	1,016	1,025	1,015	1,019
Nefunkční regenerační ventil	volnoběh	0,979	0,926	0,938	0,948
	zvýšené otáčky	1,019	1,001	0,992	1,004
Porušené vedení lambda sondy	volnoběh	0,843	0,942	0,899	0,895
	zvýšené otáčky	0,912	0,839	0,808	0,853

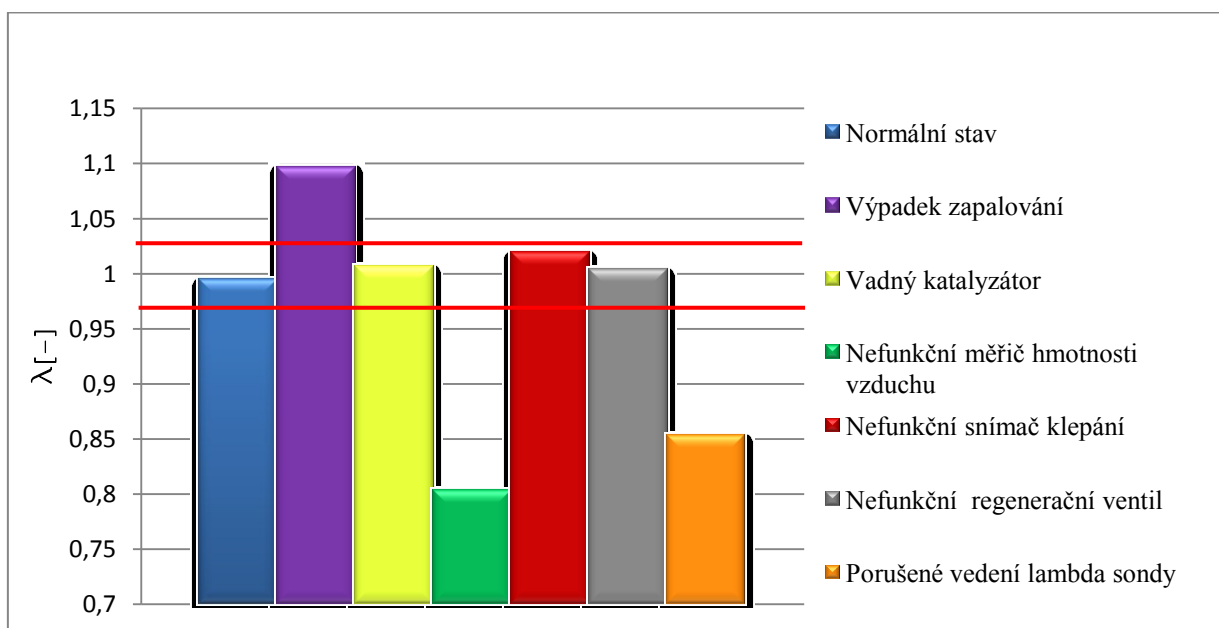
Z tab. 14 vychází obr. 30 a obr. 31. Z obr. 30 je patrné, že v dovolených mezích součinitele λ leží pouze vadný katalyzátor a nefunkční snímač klepání. Zvýšenou hodnotu oproti dovoleným mezím má pak výpadek zapalování (směs je příliš chudá). Naopak sníženou hodnotu součinitele λ vykazují nefunkční měřič hmotnosti vzduchu, nefunkční regenerační ventil a porušené vedení lambda sondy (směs je příliš bohatá). U zvýšených otáček (obr. 31) je to obdobně s tím rozdílem, že hodnota při nefunkčním regeneračním ventilu je v normě.

Volnoběžné otáčky



Obr. 30 Graf hodnot součinitele λ

Zvýšené otáčky



Obr. 31 Graf hodnot součinitele λ

Z naměřených hodnot jsem sestavil tabulky tab. 15 a tab. 16, které udávají emisní hodnoty v závislosti na závadě vybraných akčních členů konkrétního typu motoru.

Tab. 15 Závislost emisních hodnot na závadách při volnoběhu

Závada	CO [% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Výpadek zapalování válce	1-3	> 500	>1
Porušené vedení lambda sondy	> 3	> 500	< 1
Nefunkční měřič hmotnosti vzduchu	> 3	300-500	< 1
Nefunkční snímač klepání	< 1	300-500	~ 1
Nefunkční regenerační ventil	> 3	> 500	< 1
Vadný katalyzátor	< 1	< 300	~ 1

Tab. 16 Závislost emisních hodnot na závadách při zvýšených otáčkách

Závada	CO [% obj.]	HC [ppm]	λ [-]
Výpadek zapalování válce	1-3	>500	>1
Porušené vedení lambda sondy	> 3	>500	< 1
Nefunkční měřič hmotnosti vzduchu	> 3	300-500	< 1
Nefunkční snímač klepání	< 1	< 300	~ 1
Nefunkční regenerační ventil	1-3	< 300	~ 1
Vadný katalyzátor	< 1	< 300	~ 1

Vyhodnocení

Jak jsem předpokládal, největší vliv na emisní hodnoty má porucha lambda sondy. Důvodem je, že signály z této sondy jsou vedle otáček a zatížení motoru základní informací pro řídicí jednotku, která díky těmto informacím reguluje dobu vstřiku a předstih zážehu. Pokud není lambda sonda v provozuschopném stavu, není lambda regulace prováděná. Řídicí jednotka pracuje v nouzovém stavu a bere hodnoty z uloženého třírozměrného datového pole.

Dále je zřejmé, že pokud dojde k výpadku zapalování, motor nepracuje správně a hodnoty CO, HC i λ prudce vzrostou. Při tomto ději se dostává nespálená směs do výfukového potrubí a může dojít ke spálení katalyzátoru.

Pokud je nefunkční měřič hmotnosti vzduchu, řídicí jednotka nemůže vyhodnotit množství nasátého vzduchu do motoru a nesprávně dávkuje množství vstřikovaného paliva, což se

projeví na vysokých emisních hodnotách. Řídicí jednotka je v nouzovém režimu a řídí se podle natočení škrtkové klapky.

Pokud dojde k poruše regeneračního ventilu, hodnoty emisí při volnoběhu a zvýšených otáčkách jsou naprosto odlišné. Důvodem je to, že při volnoběhu je do motoru vstřikována jen nepatrná dávka paliva a při nasávání odpařeného paliva dojde k jeho přebytku a směs je tak bohatá, což se projeví zvýšením emisních hodnot. Při zvýšených otáčkách množství vstřikovaného paliva mnohokrát převyšuje množství výparů, a ty už nemají takový vliv na emise jako u volnoběhu.

Nefunkční snímač klepání a katalyzátor sice mají na emisní hodnoty vliv, ale ne tak znatelný jako to bylo u předešlých.

6 Závěr

V bakalářské práci jsem se věnoval vybraným akčním členům, které ovlivňují emisní hodnoty zážehových motorů. Provedl jsem několik měření na zvoleném typu motoru, ze kterých jsem dostal vybrané hodnoty emisí. Aby nedošlo k chybám v měření, opakoval jsem je. Výsledek své práce jsem formuloval do dvou tabulek, které nám uvádí závislost emisních hodnot na konkrétní poruchu ve volnoběžných a zvýšených otáčkách. Dle těchto emisních hodnot lze s největší pravděpodobností určit, o jakou závadu se jedná. U jiných typu zážehových motorů se nemusí poruchy projevovat stejně. To závisí hlavně na míře vývoje systému vstřikování. Některé moderní systémy dokážou ihned rozpoznat poruchu a informovat o ni řidiče.

Použitá literatura

Monografická literatura:

[1] - GSCHEIDLE, R. *Příručka pro automechanika*. 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles cz. s.r.o., 2007, ISBN 978-86706-17-7.

[2] - FERENC, B. *Spalovací motory*. 3. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2009, ISBN 978-80-251-2545-8.

[3] - PAPOUŠEK, M.; ŠTĚRBA, P. *Diagnostika spalovacích motorů - Praktická příručka*. 2. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2007, ISBN 978-80-251-1697-5.

[4] - JAN, Z.; ŽDÁNSKÝ, B. *Automobily 3 – Motory*. 3.vyd. Brno: Avid s.r.o., 2006, ISBN 80-903671-1-9.

[5] - JAN, Z.; ŽDÁNSKÝ, B. *Automobily 4 – Příslušenství*. 2. vyd. Brno: Avid s.r.o., 2008, ISBN 978-80-87143-08-7.

[6] – ČSN 30 0025. *Základní automobilové názvosloví. Základní části a ústrojí vozidel, příslušenství, výstroj a výbava. Definice základních pojmů.*

Dokumenty v elektronické podobě:

[7] - *Zážehový motor* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1%C5%BEEhov%C3%BD_motor

[8] - *Hlava válců* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.ochranamotoru.cz/flashlube-ochrana-motoru-lpg-cng-valve-seat-recession-hlava-valcu-ventily.php>

[9] - *Blok motoru* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.novinky.cz/auto/126118-neco-pro-fajnsmekry-motor-z-corvette-69.html>

[10] - *Katalyzátor* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
http://app.vw-uzitkove.cz/lexikon/?letter=t&lexicon_id=21

[11] - *Třícestný katalyzátor* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.fordscorpio.cz/index.php/historie-vozu-ford-scorpio/103>

[12] - *Snímač otáček* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.autodilykrc.cz/cz-detail-549670-snimac-otacek-polohy-klikove-hridele.html>

[13] - *Potenciometr škrtící klapky* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
http://autodily.mjauto.cz/vw/golf-iii-1h1/2-8-vr6_128/snimace-spinace/6PX008476321.html

[14] - *Lambda sonda* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.biopowers.cz/etanol-e85-prestavba/lambda-sonda/>

- [15] - *Měřič množství nasátého vzduchu* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.skoda-dily.cz/nahradni-dil/074906461x-vaha-vzduchu-1-9tdi-66kw-81kw-cn-14634.html>
- [16] - *Snímač klepání* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.nahradnidily1.cz/autodily/snimac-klepani-bosch-bo-0261231128/92415126/>
- [17] - *Analyzátor výfukových plynů* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.obchod.prodopravce.cz/dilna/diagnostika/bea850namereniemisizazehovychivznetovychmotoruvcetnebdm300%5B1480129%5D>
- [18] - *Diagnosticke zařízení* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.elerte.cz/produkty/diag-vw-skoda-audi-seat/bosch-kts-540-116.htm>
- [19] - *Zapalování* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://fei1.vsb.cz/kat430/data/ae/Zapalovani.pdf>
- [20] - *Emisní norma* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>
- [21] - *Zákon č. 56/2001 Sb.* [online] 2013 [cit.2013-05-16] Dostupné z:
<http://www.nejbлизsi-stk.cz/clanky/technicke-prohlidky-a-mereni-emisi-vozidel>

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mým rodičům, kteří mě podporují ve studiu. Další poděkování patří vedoucím práce Ing. Michalu Richtáři a také konzultantovi Ing. Jakubovi Šmírausovi . Dále bych rád poděkoval technikovi, který mi pomohl s měřením. Poslední poděkování patří majiteli vozidla, který mi poskytnul vozidlo k měření.